MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Manifestación de Impacto Ambiental Regional

PROYECTO: CERRO DEL GALLO

San Antón de las Minas S.A. de C.V. | cercanías de la población denominada San Antón de Las Minas, municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional (C.I.N), Guanajuato.

CAPÍTULO I

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

CONTENIDO

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 1

1.1. Datos generales del proyecto. 1

1.1.1. Nombre del proyecto 5

1.1.2. Ubicación del proyecto 5

1.1.3. Duración del proyecto 7

1.1.4. Presentación de la documentación legal 7

1.2. Datos generales del promovente 7

1.2.1. Nombre o razón social 7

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 8

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal 8

1.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones: 8

1.3. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental 8

1.3.1. Nombre o razón social 8

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP 8

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio 8

1.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio 8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. 1. Polígono del proyecto 6

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.1. Datos generales del proyecto.

La empresa San Antón de las Minas S.A. de C.V. propietaria del proyecto “Cerro del Gallo”, presenta ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), dependiente de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con el objeto de cumplir con lo dispuesto en la Ley General de Protección al Ambiente (LGEEPA); su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), solicitamos se inicie el trámite incluido en el Registro Federal de Trámites y Servicios con la homoclave “SEMARNAT-04-003-B Autorización de la MIA regional con actividad altamente riesgosa” a fin de que la DGIRA, tenga a bien someter las obras y actividades que pretenden realizarse en el proyecto antes mencionado, al procedimiento de evaluación; para que, en su caso, se emitan las autorizaciones inherentes a las materias de evaluación del impacto y riesgo ambiental.

El referido proyecto pretende desarrollarse en terrenos arrendados, adjudicados o adquiridos de la promovente, en las cercanías de la población denominada San Antón de Las Minas, en el municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional (C.I.N), en el estado mexicano de Guanajuato.

En cuanto a las obras y actividades incluidas en el proyecto, éstas se refieren a la explotación y beneficio de minerales metálicos con particular interés en aquellos, que contienen oro, plata y cobre, cuyas concentraciones les otorgan viabilidad técnica y económica, para el minado y beneficio de los mismos, recalcando que, para poder desarrollar las diferentes etapas del proyecto, se requerirá de infraestructura para apoyo, directamente vinculada al desarrollo de las mencionadas obras y actividades; es decir obras y actividades cuyo propósito es única y exclusivamente para el correcto funcionamiento de las operaciones unitarias y sistemas que conforman el multicitado proyecto.

La explotación del proyecto será mediante tajo abierto. El tajo abierto se ve como un gran tazón y este se va construyendo en la medida en que la operación va avanzando tanto en forma lateral como a profundidad. A medida que se va trabajando, se genera una especie de anfiteatro (por su forma escalonada) cuya forma puede ir cambiando en la medida en que avanza la operación. De las operaciones del minado se obtienen básicamente dos tipos de materiales, el que es económicamente viable su beneficio denominado mineral y los que no lo son conocido como tepetate. El mineral sigue el proceso de beneficio, mientras que el tepetate se deposita en sitios diseñados conforme a los criterios de almacenamiento y disposición final establecidos en la NOM-157-SEMARNAT-2019.

Las actividades del beneficio de minerales, iniciará con etapas de trituración y clasificación; en razón de las características (tamaño de partícula) de los metales presentes en el mineral, se diseñó una Planta de Trituración con tres etapas; una etapa de trituración primaria a través de quebradora de quijada, la etapa de trituración secundaria con quebradoras de cono y una etapa terciaria mediante rodillos a presión. Para la clasificación de las partículas se usarán cribas vibratorias con retornos y las transferencias se realizarán mediante alimentadores a chutes y bandas. El producto del circuito será mineral triturado con tamaño de partícula inferior a 8 mm, por lo que se aglomerará en tambores rotatorios con el uso de agentes cementantes para formar conglomerados con una resistencia y permeabilidad compatibles con el método de lixiviación estática en patios.

Durante la operación del sistema de lixiviación, el mineral aglomerado se colocará en pilas, sobre una plataforma (superficie con recubrimiento) dividida en celdas para diferenciar el tratamiento del mineral de acuerdo con su ley. Con el objeto de promover la disolución de los metales, se regará con un agente de lixiviación1 formulado a partir de soluciones preparadas con bajas concentraciones de cianuros2. La solución

[1] Compuesto químico que se utiliza en los patios para la disolución y recuperación de valores del mineral.
[2] Todos los grupos CN- en compuestos cianurados que pueden ser determinados como ion cianuro.

resultante del proceso de lixiviación (preñada) que drenará por gravedad de la plataforma, reclamará a una pileta para solución rica siempre y cuando la concentración de valores sea redituable. La solución preñada, pasará a la planta metalúrgica diseñada para una primera operación por el método Sulfidización, Acidificación, Recirculación y Espesamiento (SART) a efecto de recuperar el cobre disuelto en la solución y tratarlo para obtener sulfuros de cobre y la solución cargada derivada del SART, pasará a la segunda etapa u operación diseñada para el método denominado Adsorción- Desorción-Recuperación (ADR)3, que consiste en pasar la solución cargada a través del carbón activado, contenido en un tren de columnas, siendo el carbón el medio donde se adsorberán los valores aprovechando los microporos activados. Posteriormente el carbón rico o cargado con los metales, se despojará mediante la desadsorción de valores en columnas de elusión (previa limpieza del carbón mediante lavado ácido), para pasar a un conjunto de celdas electroquímicas que funcionarán como el medio para separar los metales de la solución despojada y el subproducto obtenido se filtrará y fundirá, obteniendo barras de doré como el segundo producto comercial.

Para el acceso al sitio y el abastecimiento de servicios requeridos para la operación, se pretende realizar obras para abastecimiento de agua, generación de energía eléctrica, caminos de acceso, almacenes, oficinas, etc. EL MIA-BR, tiene su fundamento jurídico en los artículos 28 y 30 de la Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su reglamento y 5°, 9°, 10 fracción I, 11 fracción III, y 13 de su reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

De igual manera, el Artículo 30 de la LGEEPA y Artículo 17 del REIA, establecen la obligación de incluir un estudio de riesgo ambiental (ERA), ello cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la propia Ley. En virtud de que, en el proceso diseñado para el beneficio de minerales, se utilizará Cianuro de Sodio en estado sólido, para preparar el compuesto químico que se utilizará en el patio para la disolución y recuperación de valores del minerales, siendo éste compuesto una solución

[3] El nombre técnico de la etapa puede ser desorción o desadsorción.

conteniendo cianuros4 en bajas concentraciones, adicionalmente en la operación que se desarrollará en la Planta Metalúrgica mediante el proceso SART, se romperá el enlace del metal (Cu) en el complejo débil de cianuro-metal por el proceso de acidificación para precipitar el cobre como un concentrado de calidad comercial y se obtendrá el cianuro en forma de ácido cianhídrico; éste proceso considera un reactor para la etapa de acidificación (pH 4.5) y sulfidización, misma que se realizará adicionando hidrosulfuro de sodio y ácido sulfúrico (H_2SO_4) directamente en la tubería de solución rica conteniendo cianuros, a través de mezcladores para provocar la precipitación de sulfuro de cobre (Cu_2S). Junto con la precipitación de Cu_2S, ocurrirá la generación de ácido cianhídrico (HCN), el cual, mediante una solución alcalina, se recuperará en forma de cianuro de socio, que permanecerá disuelto en estado líquido en la solución y el cianuro recuperado se recirculará al circuito de lixiviación para el beneficio del oro, plata y cobre. Sin embargo, el diseño prevé la instalación de equipos para el control de emisiones de HCN en forma de gas, situación que, si bien se presentaría de manera extraordinaria y por ello, no es predecible la cantidad de HCN en forma de gas que se genere durante la operación normalizada, la inestabilidad del químico en estado líquido pudiese ser la precursora de emisiones de gas en cantidades mayores a 1 kg.

En ese sentido, ambas sustancias se encuentran en el acuerdo por el que se expide el primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (SEGOB-SEDUE, 1990), en cantidad de reporte, a partir de 1 kg en estado sólido para el NaCN y gaseoso para el HCN; por consecuencia las actividades pretendidas deben evaluarse en materia de riesgo ambiental a través de un estudio de riesgo, en la modalidad análisis de riesgo que se presenta como Anexo 07 del presente MIA-BR, aclarando que el diseño de la Planta SART, no prevén emisiones considerables de HCN en gas y aquellas que se generen, serán capturadas y recirculadas como cianuros al proceso.

En resumen, el MIA-BR, se prepara a fin de solicitar la autorización para la realización de obras y actividades para la explotación y beneficio de minerales y sustancias

[4] Todos los grupos CN- en compuestos cianurados que pueden ser determinados como ion cianuro (SEMARNAT, 2010)

reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo en materia de evaluación del impacto y riesgo ambiental.

Por ello, el alcance del MIA-BR que se prepara, gira en torno a un proyecto minero-metalúrgico para la explotación y beneficio de un depósito de minerales con contenidos de oro, plata y cobre ubicado en la elevación conocida como “Cerro del Gallo” localizado en el municipio de Dolores Hidalgo C.I.N., Guanajuato. El beneficio se pretende mediante la operación de un sistema de lixiviación de minerales de oro y plata cuyo diseño se planeó para cumplir con las Especificaciones de Protección Ambiental contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007; que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de enero de 2010 y los residuos mineros que se generarían se encuentran incluidos dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, por consecuencia, la MIA-BR trata sobre aquellos estudios y caracterizaciones que deben realizarse de manera previa al desarrollo de las obras en razón de las especificaciones de protección ambiental contenidas en ambos instrumentos jurídicos.

1.1.1. Nombre del proyecto

Cerro del Gallo.

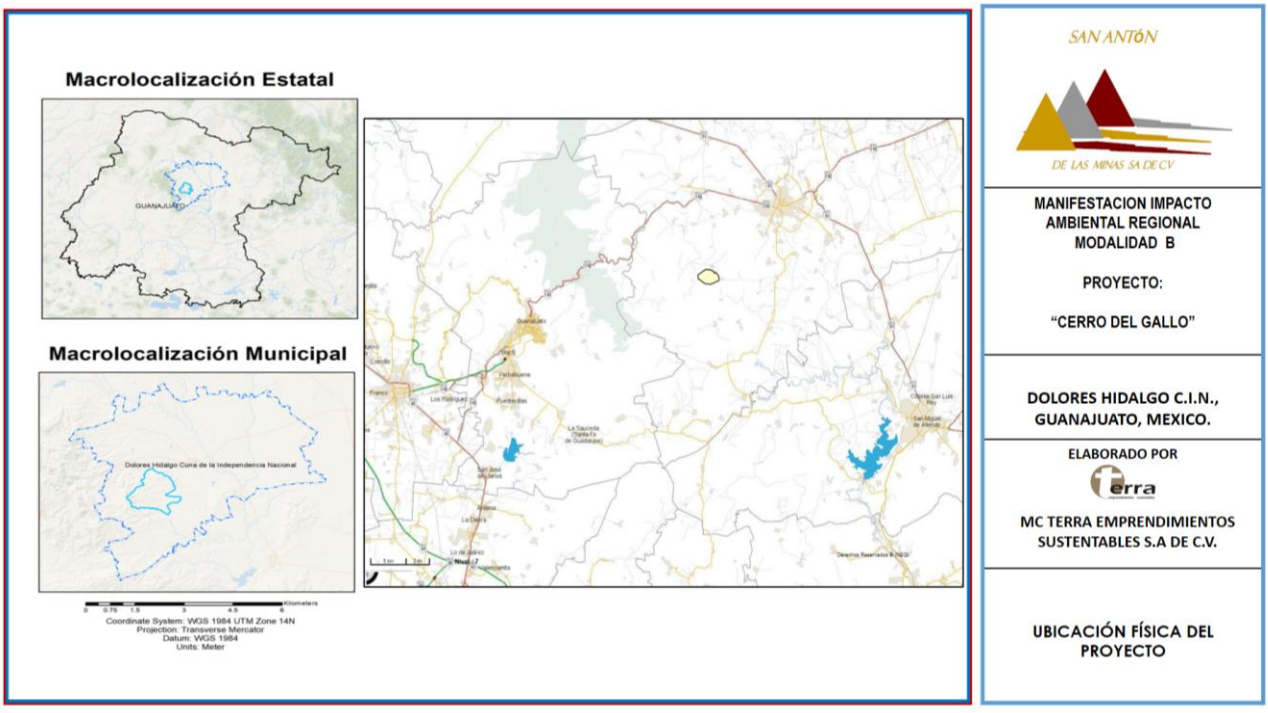
1.1.2. Ubicación del proyecto

El pretendido proyecto se localiza en el contexto territorial del municipio de **Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional**, en el estado mexicano de **Guanajuato**. De manera específica, se localiza en dirección Suroeste de la cabecera municipal (Dolores Hidalgo), cercano a las Poblaciones de **San Antón de las Minas** y **San Isidro del Sisote**, en las coordenadas geográficas 21°04”28” latitud Norte y 101°01”38” longitud Oeste, con referencia en la elevación denominada **Cerro del Gallo**.

Tomando como origen la Ciudad de Dolores Hidalgo, cabecera municipal, el proyecto se localiza hacia el suroeste, a aproximadamente **13.5 km en línea recta**. Para acceder al proyecto partiendo de la cabecera municipal, se recorre un total de **22.6 km**; los primeros 10 km, en dirección Sur por la carretera pavimentada 110, para posteriormente virar hacia la derecha e integrarse a un camino de terracería con rumbo a la población de San Antón de las Minas y de ahí llegar a la elevación.

Para acceder al proyecto, partiendo de la ciudad de **Guanajuato**, Capital del Estado, se recorren aproximadamente 53.8 km. Se transita al NE por la carretera federal No. 110 en un tramo de aproximadamente 39.8 km hasta el entronque de la citada vía y el camino de terracería que comunica a San Antón de Las Minas; se vira al Sur en un tramo de aproximadamente 14 km sobre el camino de terracería para llegar al proyecto.

Figura I. 1. Ubicación del proyecto



1.1.3. Duración del proyecto

Cerro del Gallo, se planeó para una duración de **19 años**, a fin de desarrollar todas las etapas del proyecto que incluyen: la preparación del sitio; construcción de la infraestructura; operación y mantenimiento, restauración y cierre.

Para el cierre, se consideran las acciones a fin de eliminar la toxicidad de las estructuras o instalaciones donde se utilizaron o almacenaron químicos y el retiro de éstos; acciones para estabilizar y reincorporar al paisaje las elevaciones y depresiones residuales; la demolición y/o desmantelamiento de instalaciones para oficinas, mantenimiento, almacenes, laboratorios comedores, etc.; la reincorporación del suelo recuperado durante la preparación del sitio; la revegetación y el monitoreo para posteriormente **abandonar del sitio**.

1.1.4. Presentación de la documentación legal

En anexos se presenta la documentación legal correspondiente requerida en la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental:

- Acta constitutiva.
- Registro Federal de Contribuyentes.
- Poder del representante legal.
- Copia identificación y CURP del representante legal.
- Documentación que demuestra la situación legal del predio.
- Documentación que demuestra la situación legal de las concesiones mineras.

1.2. Datos generales del promovente

1.2.1. Nombre o razón social

Quien promueve el proyecto de “Cerro del Gallo” es la persona moral denominada: “San Antón de las Minas S.A. de C.V.”

El anexo 01-1 contiene el acta constitutiva.

1.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

**********.

El anexo 01-2 se presenta el RFC de la promovente.

1.2.3. Nombre y cargo del representante legal

M. A. RAFAEL ANDRES CURRA LAVA.

El anexo 02 se presenta la identificación, CURP y poder del representante legal.

1.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones:

**********,

**********;

**********.

1.3. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

1.3.1. Nombre o razón social

MC Terra Emprendimientos Sustentables, S. C.

1.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP

**********.

1.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio

****

1.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio

****

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

CONTENIDO

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO 1
2.1. Información general del proyecto, plan o programa. 1
2.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa. 2
2.1.2. Objetivos y justificación del Proyecto 9
2.1.2.1. Objetivos. 12
2.1.2.2. Justificación. 15
2.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto 17
2.1.3.1. Ubicación física del proyecto 17
2.1.3.2. Dimensiones del proyecto 18
2.1.4. Inversión requerida 25
2.2. Características particulares del proyecto, plan o programa 26
2.2.1. Programa de trabajo 28
2.2.2. Estudios previos a la preparación del diseño del proyecto 30
2.2.2.1. Caracterización de los residuos mineros 31
2.2.2.1.1. Peligrosidad del mineral gastado 33
2.2.2.1.2. Caracterización del material mineral sin valor económico 38
2.2.2.1.3. Concentraciones totales 43
2.2.2.1.4. Movilidad de elementos 45
2.2.2.1.5. Potencial de generación de drenaje ácido 45
2.2.2.1.6. Análisis de acidez por muestra y litología 46
2.2.2.1.7. Potencial de neutralización por muestra litología 49
2.2.2.1.8. Balance ácido-base 50
2.2.2.2. Caracterización del sitio 52
2.2.2.2.1. Aspectos climáticos (relacionados con la hidrología) 53
2.2.2.2.2. Aspectos edafológicos 56
2.2.2.2.3. Aspectos geotécnicos 57
2.2.2.2.3.1. Pruebas geotécnicas 57
2.2.2.2.3.2. Pruebas de laboratorio mecánica de suelos 58

2.2.2.2.3.3. Clasificación de los suelos en la cimentación 59
2.2.2.2.4. Sismicidad 62
2.2.2.2.5. Aspectos hidrológicos 62
2.2.2.2.5.1. Hidrología superficial 62
2.2.2.2.5.2. Hidrología subterránea 63
2.2.2.2.6. Vida Silvestre 66
2.2.3. Representación gráfica regional 67
2.2.4. Representación gráfica local 68
2.2.5. Preparación del sitio y construcción 71
2.2.5.1. Preparación del sitio 71
2.2.5.1.1. Desmonte 71
2.2.5.1.2. Despalme y excavaciones 74
2.2.5.1.3. Nivelación del terreno y compactación de terracerías 75
2.2.5.2. Construcción de obras 82
2.2.5.2.1. Minado a cielo abierto (Tajo) 82
2.2.5.3. Construcción de la tepetatera 93
2.2.5.3.1. Análisis de estabilidad de la tepetatera 99
2.2.5.3.2. Obras complementarias a la tepetatera 103
2.2.5.4. Construcción de caminos de acarreo 104
2.2.5.5. Construcción de la planta de trituración 106
2.2.5.6. Construcción de áreas para almacenamiento y preparación del cianuro 106
2.2.5.7. Construcción del sistema de lixiviación 116
2.2.5.8. Construcción del patio de lixiviación 117
2.2.5.9. Construcción de la plataforma de lixiviación 119
2.2.5.10. Construcción del canal de solución drenada del patio 126
2.2.5.11. Sistema de detección de fugas de la plataforma 126
2.2.5.12. Construcción de las piletas de soluciones 130
2.2.5.13. Análisis de estabilidad del patio de lixiviación 134
2.2.5.14. Construcción de la planta metalúrgica 140
2.2.5.15. Construcción de infraestructura para servicio de la mina 141

2.2.5.15.1. Construcción de talleres de maquinaria pesada 141
2.2.5.15.2. Construcción de polvorines 145
2.2.5.15.3. Canales de desvío de aguas pluviales 149
2.2.5.15.4. Represas para control de sedimentos 149
2.2.5.15.5. Áreas de maniobras 150
2.2.5.15.6. Caminos de acceso 150
2.2.5.15.7. Caminos internos o de servicio 151
2.2.5.15.8. Línea de transmisión eléctrica 151
2.2.5.15.9. Abastecimiento de agua 152
2.2.5.15.10. Áreas para la restauración y conservación 155
2.2.5.15.11. Vivero 155
2.2.5.15.12. Construcción de infraestructura diversa 155
2.2.5.15.13. Construcción de obras provisionales 156
2.2.6. Operación y mantenimiento 163
2.2.6.1. Operación 163
2.2.6.1.1. Explotación de minerales 163
2.2.6.1.2. Explotación de tajo 164
2.2.6.1.3. Operación de la tepetatera 168
2.2.6.1.4. Proceso para el beneficio de los minerales 172
2.2.6.1.5. Resumen de los procesos 175
2.2.6.1.6. Planta de trituración aglomeración 179
2.2.6.1.7. Etapa de lixiviación 185
2.2.6.1.8. Preparación del cianuro de sodio 185
2.2.6.1.9. Operación del patio de lixiviación 186
2.2.6.1.10. Mecanismo del proceso de cianuración 190
2.2.6.1.11. Diagramas de flujo de operaciones para beneficio 196
2.2.6.1.12. Proceso (SART, ADR y Refinería) 201
2.2.6.1.13. Circuito en la planta SART 201
2.2.6.1.14. Mecanismo hidro-metalúrgico del proceso SART 205
2.2.6.1.15. Proceso de beneficio ADR 211
2.2.6.2. Mantenimiento 223

2.2.7. Requerimientos de insumos, energía y sustancias para la operación 235
2.2.8. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones 240
2.2.9. Residuos 256
2.2.9.1. Todas las obras, etapa de preparación 260
2.2.9.2. Todas las obras, etapa de construcción 263
2.2.9.3. Todas las obras, etapa de operación y mantenimiento 264
2.2.9.4. Todas las obras, etapa de post-operación 267
2.2.10. Generación de gases efecto invernadero 271
2.2.10.1. Identificar por etapas del proyecto las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero 271
2.2.10.2. Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de H_2O, CO_2, CH4, N_2O, CFC, O_3, entre otros 273
2.2.10.3. Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto 279

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II. 1. Polígono envolvente del proyecto 8
Figura II. 2. Ubicación física del proyecto..... 18
Figura II. 3. Arreglo General del proyecto 21
Figura II. 4. Distribución espacial de las muestras 40
Figura II. 5. Tepetate por año y acumulado..... 41
Figura II. 6. Relación profundidad-% de azufre 48
Figura II. 7. Censo de pozos y piezómetros en el SAR 65
Figura II. 8. Macro localización del proyecto 68
Figura II. 9. Arreglo del proyecto con las obras de mayor superficie localmente 70
Figura II. 10. Tipo de vegetación en el tajo y tepetatera..... 72
Figura II. 11. Sitio del patio de lixiviación 73
Figura II. 12. Plan de nivelación etapa 1 78
Figura II. 13. Plan de nivelación etapa 2 79
Figura II. 14. Plan de nivelación etapa 3 80
Figura II. 15. Secciones del sistema de lixiviación 81
Figura II. 16. Avances del tajo al primer año 84
Figura II. 17. Avances del tajo al segundo año 85
Figura II. 18. Avances del tajo al tercer año 86
Figura II. 19. Avances del tajo cuarto año 87
Figura II. 20. Avances del tajo quinto año 88
Figura II. 21. Avances del tajo sexto año 89
Figura II. 22. Avances del tajo séptimo año 90
Figura II. 23. Diseño final del tajo octavo año 91
Figura II. 24. Vista 3D del diseño final del tajo transversal y oblicua..... 92
Figura II. 25. Vista en el arreglo de la tepetatera 95
Figura II. 26. Secciones transversales de la tepetatera..... 96
Figura II. 27. Sección típica de caminos de acarreo 105
Figura II. 28. Plantilla constructiva de la planta de trituración 108

Figura II. 29. Detalle de construcción de la planta de trituración 109
Figura II. 30. Ubicación de la planta metalúrgica 110
Figura II. 31. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro 113
Figura II. 32. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro 114
Figura II. 33. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro 115
Figura II. 34. Representación esquemática de un sistema de lixiviación 116
Figura II. 35. Detalles del recubrimiento compuesto para la plataforma..... 120
Figura II. 36. Detalles del recubrimiento compuesto para la plataforma..... 121
Figura II. 37. Vista en planta del arreglo de la red de tubería (CCRS) 125
Figura II. 38. Sección y detalles constructivos del canal para la tubería 127
Figura II. 39. Planta con la división de las celdas y la tubería del sistema para detección de fugas de la plataforma..... 128
Figura II. 40. Detalles del sistema para detección de fugas de la plataforma 129
Figura II. 41. Vista de las secciones del patio de lixiviación y piletas..... 132
Figura II. 42. Detalles del sistema detector de fugas de las piletas de soluciones..... 133
Figura II. 43. Arreglo de equipos de la planta..... 142
Figura II. 44. Áreas de oficinas y servicios de los talleres de mantenimiento..... 143
Figura II. 45. Arreglo general del área de talleres 144
Figura II. 46. Diseño de los polvorines 148
Figura II. 47. Propuesta del trazo de la Línea eléctrica 153
Figura II. 48. Proyecto de abastecimiento de agua 154
Figura II. 49. Plano que muestra los servicios de apoyo de la unidad minera..... 157
Figura II. 50. Detalles constructivos de las oficinas generales 158
Figura II. 51. Detalles constructivos del laboratorio..... 159
Figura II. 52. Detalles constructivos del cuarto de cambio de la planta de proceso 160
Figura II. 53. Arreglo de la distribución y provisión de agua industrial 161
Figura II. 54. Plano en 3D de la tepetatera..... 170
Figura II. 55. Diagrama de flujo de la planta de trituración 1 de 2 182
Figura II. 56. Diagrama de flujo de la planta de trituración 2 de 2 183
Figura II. 57. Diagrama de flujo del proceso de aglomeración 184
Figura II. 58. Simbología para interpretar DTI’s 187

Figura II. 59. DTI preparación de cianuro 188
Figura II. 60. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 1 de 3 197
Figura II. 61. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 2 de 3 198
Figura II. 62. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 3 de 3 199
Figura II. 63. Diagrama del proceso de beneficio 200
Figura II. 64. DTI proceso SART 1 de 2 209
Figura II. 65. DTI proceso SART 2 de 2 210
Figura II. 66. DTI proceso ADR 214
Figura II. 67. DTI proceso ADR 215
Figura II. 68. DTI proceso ADR 216
Figura II. 69. Diagrama de flujo de las etapas de fundición y refinación 222

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 1. Coordenadas de la superficie envolvente del proyecto 8
Tabla II. 2. Superficies de las obras y tipos de vegetación..... 21
Tabla II. 3. Tajo 22
Tabla II. 4. Patios y piletas 22
Tabla II. 5. Vivero 22
Tabla II. 6. Depósito de mineral 22
Tabla II. 7. Trazo del Camino de acceso..... 23
Tabla II. 8. Camino de acarreo..... 23
Tabla II. 9. Depósito de suelo..... 23
Tabla II. 10. Área de contratistas 23
Tabla II. 11. Área industrial 23
Tabla II. 12. Área de polvorines 24
Tabla II. 13. Tepetatera..... 24
Tabla II. 14. Superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales del proyecto 24
Tabla II. 15. Inversión del proyecto para la construcción del proyecto..... 25
Tabla II. 16. Programa de trabajo del proyecto 29
Tabla II. 17. Detalles de prueba de lixiviación de mineral cianuro..... 35
Tabla II. 18. Resumen de métodos analíticos para muestras 36
Tabla II. 19. Barrenos y muestras obtenidas de acuerdo a la litología..... 38
Tabla II. 20. Identificación de muestras y profundidad por litología..... 39
Tabla II. 21. Resultados para metales totales 44
Tabla II. 22. Resultados de movilidad de los elementos 45
Tabla II. 23. Análisis de contenidos de azufre por muestra..... 47
Tabla II. 24. Cuadro de contenidos de sulfuros..... 47
Tabla II. 25. Potencial de acidez global..... 49
Tabla II. 26. Potencial de neutralización por muestra y litología 49
Tabla II. 27. Precipitación media y valores máximos..... 54
Tabla II. 28. Niveles de evaporación en el sitio del proyecto..... 54
Tabla II. 29. Tormentas de diseño calculadas para el sitio del proyecto 55

Tabla II. 30. Características de la tepetatera..... 94
Tabla II. 31. Propiedades de la base de la tepetatera..... 102
Tabla II. 32. Resultados del análisis de estabilidad de la tepetatera..... 103
Tabla II. 33. Parámetros para la construcción y la operación de los caminos..... 104
Tabla II. 34. Etapas constructivas del patio de lixiviación..... 118
Tabla II. 35. Parámetros de los materiales de construcción de la plataforma 122
Tabla II. 36. Propiedades materiales para el análisis de estabilidad del patio 139
Tabla II. 37. Resultados del análisis de estabilidad del patio 139
Tabla II. 38. Descripción de las etapas y operaciones de explotación minera 166
Tabla II. 39. Plan de minado propuesto para depósito Cerro del Gallo..... 171
Tabla II. 40. Proceso de beneficio de la etapa de trituración hasta fundición..... 177
Tabla II. 41. Criterios de diseño y parámetros operación de trituración 181
Tabla II. 42. Parámetros de operación del proceso de lixiviación en Montones..... 189
Tabla II. 43. Criterios de diseño y parámetros de operación de la plataforma de lixiviación..... 195
Tabla II. 44. Criterios de diseño y parámetros de operación de las piletas 196
Tabla II. 45. Criterios de diseño y condiciones de operación Planta SART..... 207
Tabla II. 46. Criterios de diseño y parámetros de operación para la planta ADR..... 217
Tabla II. 47. Consumo estimado de agua..... 236
Tabla II. 48. Títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas subterráneas.. 236
Tabla II. 49. Insumos para utilizar en las operaciones 238
Tabla II. 50. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción. 271
Tabla II. 51. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizar en la etapa de operación y mantenimiento. 272
Tabla II. 52. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento. 272
Tabla II. 53. Cálculo de gases efecto invernadero de la maquinaria y equipo de combustión pesado utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción..... 273
Tabla II. 54. Calculo del consumo de energía de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción. 274

Tabla II. 55. Calculo de las emisiones anuales de gases efecto invernadero de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción 275
Tabla II. 56. Calculo de las emisiones de gases efecto invernadero de maquinaria y equipo de combustión pesado a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento. 275
Tabla II. 57. Calculo de las horas de operación y consumo anual de combustible de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento. . 276
Tabla II. 58. Factores de emisión de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento. 277
Tabla II. 59. Emisiones de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento. 277
Tabla II. 60. Emisiones derivadas de los eventos de voladura en la etapa de operación y mantenimiento. 277
Tabla II. 60. Calculo de las emisiones de gases efecto invernadero de maquinaria y equipo de combustión pesado a utilizarse en la etapa de cierre y abandono. 278
Tabla II. 61. Calculo del consumo de energía de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de cierre y abandono..... 279
Tabla II. 62. Calculo de las emisiones anuales de gases efecto invernadero de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de cierre y abandono. 279
Tabla II. 63. Emisiones de gases efecto invernadero por etapa de proyecto, tipo de equipo y actividad. 280
Tabla II. 64. Uso de la energía derivada del consumo de diésel por cada una de las etapas del proyecto. 281
Tabla II. 64. Uso de la energía derivada del consumo de gas licuado de petróleo por cada una de las etapas del proyecto. 281

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

En este capítulo se resumirá la información de las obras y actividades que se pretenden llevar a cabo por el desarrollo del proyecto. La información requerida deberá detallar de manera precisa los objetivos del proyecto (¿qué se quiere hacer?, ¿Para qué?, ¿quién? Y ¿dónde?) Y concluir con la identificación y descripción de los componentes del proyecto que pudieran causar impactos ambientales a algún o algunos factores del medio ambiente.

2.1. Información general del proyecto, plan o programa.

En éste Capítulo se describirá el Proyecto de “Cerro del Gallo” en su conjunto, considerando su naturaleza o esencia, incluyendo los objetivos que se persiguen con la ejecución; las características particulares de las obras y actividades para el minado y beneficio de minerales que lo conformarán; así como, aquellas asociadas para su desarrollo, buscando identificar y definir los componentes del proyecto, que por su función y/o requerimiento de recursos naturales, pudiesen ocasionar impactos ambientales negativos. Para ello es relevante describir las características generales y los antecedentes de exploración de minerales en el sitio.

En esencia, el proyecto consiste en el desarrollo de infraestructura de nueva creación para llevar a cabo la explotación y el beneficio de los minerales metálicos con valores de oro, plata y cobre que fueron cuantificados en el depósito Cerro del Gallo a raíz de las campañas de exploración previas a la integración del presente documento.

Adicionalmente, se plasmarán los resultados de estudios exigidos por la NOM-155-SEMARNAT-2007, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata (SEMARNAT, 2010) en las Especificaciones de Protección Ambiental, 5.2. Peligrosidad del mineral lixiviado o gastado y 5.3. Caracterización del sitio, en razón de que para poder describir las

particularidades de las obras del proyecto y su influencia en el Sistema Ambiental Regional (SAR) por los impactos ambientales negativos que pudiesen provocarse en la operación y cierre, es indispensable saber las características geotécnicas del sitio; las lluvias promedio, máximas y mínimas que históricamente se han presentado; la evaporación, las tormentas máximas probables con duración de 24 horas para diferentes periodos de retorno; las características geoquímicas de los residuos consistentes en mineral gastado o lixiviado; etc.

En ese sentido, también se incluyen las Especificaciones contenidas en la NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros (SEMARNAT, 2011), en lo relativo 5.4 Caracterización de los residuos y 5.6 Criterios para el almacenamiento y disposición final de residuos, para aquellos residuos mineros, cuya caracterización y manejo no se encuentra en una Norma Oficial Mexicana específica, siendo el caso de los tepetates (residuos de mineado) y yeso que se generará en los procesos de beneficio en el proceso SART.

2.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa.

Los primeros antecedentes de explotación en el Distrito Minero de San Antón de las Minas se remontan al siglo XVII en los laboreos mineros que desarrollaban por métodos subterráneos llegando hasta profundidades de 150 metros, impidiendo la continuación de los trabajos a mayor profundidad por la presencia de agua.

En la década de 1800~1900 se instaló una planta de beneficio con capacidad de 50 toneladas por día (tpd) para un método de patios (amalgamación), es decir, San Antón de las Minas tuvo su auge durante las postrimerías del siglo XIX y el primer decenio del siglo XX, pero se ve obligado a cerrar a raíz del movimiento revolucionario como también por problemas de carácter técnico.

En el transcurso del tiempo, los laboreos se paralizaron quedando bajo control del Gobierno Federal cualquier derecho del Distrito, llevando a cabo el Consejo de Recursos Minerales (organismo antecesor del Servicio Geológico Mexicano) una serie trabajos de prospección geológica en el año de 1977 que incluyeron mapeos, trabajos aéreos de prospección magnética, así como muestreos y ensayes geoquímicos. Con la información se derivó de un programa para incentivar la minería y se cedieron los derechos con el apoyo de los gobiernos estatal y federal por parte del propio Consejo a la Sociedad Cooperativa Minero Metalúrgica Santa Fe de Guanajuato para que se alentara la actividad minera en San Antón de las Minas.

Una vez que la Sociedad Cooperativa tomo control de San Antón de las Minas, reactivó actividades en el lugar y el año 1982 desarrolló exploración minera directa mediante barrenación a diamante; otras actividades inherentes a la exploración conllevaron la rehabilitación el tiro principal y mediante esos mecanismos se cubicaron reservas con la pretensión de instalar una planta de beneficio, si bien de baja capacidad, trató de impulsar una reapertura del Distrito Minero.

Sin embargo, debido a un decaimiento de las cotizaciones de los metales y las regalías compartidas que se tenían comprometidas tanto con Servicio Geológico Mexicano (SGM) como con el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI) quienes apoyaban con recursos a la Cooperativa, sin menoscabo de problemas surgidos entre los socios de la Cooperativa y la falta de inversión en las operaciones de sus propias minas relativamente cercanas a la ciudad de Guanajuato (Rayas, Cata, La Valenciana y La Luz entre otras), además del mantenimiento que se demandaba en las antiguas instalaciones de su planta de beneficio ubicada en el Mineral de Cata de la ciudad de Guanajuato; se generaron presiones para que la Sociedad Cooperativa se enfocara en darle una atención prioritaria a sus minas y la planta de beneficio, provocándose un detenimiento total de las actividades de San Antón de las Minas, hasta el punto en que los derechos y concesiones de San Antón fueron vendidos en 2004 a la empresa Minas de San Luis, S.A. de C.V. (Luismin), mientras que los intereses de las minas e instalaciones industriales y de

servicios en Guanajuato de la Cooperativa, pasaron a ser parte de Minera Mexicana El Rosario, S.A. de C.V. (Unidad Guanajuato).

En este escenario la empresa Luismin, llevó cabo actividades de exploración entre los años 1994~2000 en el Cerro del Gallo y en la estructura vetiforme de Ave de Gracia que se localiza al Este del propio cerro, deteniéndose nuevamente las actividades ante una baja de las cotizaciones y limitaciones presupuestales.

En el año 2006, se constituye la sociedad mexicana denominada San Antón de las Minas S.A. de C.V., quedando al frente de las concesiones mineras. En el año 2013, ésta empresa pasó a ser subsidiaria del Grupo Minero Primero Empresa Minera S.A. de C.V., quien en el año de 2017 se retiró del proyecto, siendo a la fecha propiedad de la citada empresa San Antón de las Minas S.A. de C.V., quien promueve el proyecto. El sitio de interés se localiza en el entorno del punto con las coordenadas 21º 4’ 28” de Latitud Norte y 101º 1’ 38” de Longitud Oeste, a unos 2.4 km al N89ºW de distancia recta respecto de la comunidad de San Antón de las Minas en el municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, en el Estado de Guanajuato.

El depósito de minerales a explotar, se ubica en la elevación conocida como Cerro del Gallo; sitio en el que los estudios de exploración minera, resultaron en la cubicación de reservas minerales en un volumen superior a 84.2 millones de toneladas (Mt) clasificadas como reservas medidas1 y con un importante potencial en reservas indicadas (calculadas a partir de la proyección de las anteriores sobre el terreno considerado como productivo y en función de diversos indicadores geológicos); así mismo los estudios metalúrgicos dirigidos a la recuperación de metales, arrojaron la viabilidad económica para minerales comerciales2 de oro, plata y cobre.

[1] Masa o volumen de mineral susceptible de ser explotado, calculado con datos concretos.
[2] Mineral cuyos contenidos poseen un valor económico comercializable en los mercados con base en el cual se justifica la explotación.

El cuerpo que hospeda lo minerales comerciales se formó mediante procesos endógenos hidrotermales (formado a partir de fluidos calientes gaseo-líquidos). Se encuentra parcialmente oxidado en el sector más superficial, en virtud de la acción de los elementos meteóricos que dieron pie a la alteración y oxidaron los sulfuros vinculados a la mineralización.

Si bien el cuerpo mantiene la mineralización descrita, ésta debe considerarse predominante pues se hospedan valores de otros metales entre los que destaca el oro, la plata y el cobre, relevantes debido a que su presencia definió en sistema de beneficio; adicionalmente la mineralización se presenta en forma de “diseminados”. Para la explotación, en virtud de tratarse de un yacimiento con mineralización diseminada y de baja Ley3 pero substancialmente grande, se pretende aplicar el método de minado superficial, mediante el sistema conocido como “tajo o cielo abierto” que se formará con la construcción de bancos múltiples.

Previo al inicio del minado, se realizará la actividad denominada “descapote” que consiste en retirar el material estéril que cubre la estructura mineralizada (SEMARNAT, 2011) y una vez expuestos los mantos a minar, mediante el uso de explosivos, se llevarán a cabo voladuras para fragmentar la roca.

Es decir, el sistema de minado es selectivo, por lo que la roca fragmentada debe manejarse en dos corrientes: La importante económicamente consistirá en mineral, que contiene los metales que pretenden recuperarse y; como residuo de minado, se generarán tepetates o rocas conformados de material mineral, sin valor económico, incluyendo al descapote, que serán apilados en un depósito superficial (tepetatera).

El transporte o acarreo del mineral y tepetate, se realizará primeramente por rampas construidas en el tajo que a su vez conectarán a caminos de acarreo, ubicados en las cotas superficiales de la topografía original. El mineral será dispuesto en un almacén de

[3] Concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en tantos por ciento (%), gramos por tonelada (g/t) partes por millón (ppm) u onzas por tonelada (oz/t).

mineral del cual se transferirá a la tolva de gruesos; instalación que se localizarán al Sur del tajo para el inicio del beneficio, mientras que el tepetate, se depositará en la tepetatera localizada al Este del tajo.

Las actividades del beneficio de minerales, iniciará con etapas de trituración y clasificación; debido a las características (tamaño de partícula) de los metales presentes en el mineral, se diseñó una Planta de Trituración con tres etapas; una etapa de trituración primaria a través de quebradora de quijada, la etapa de trituración secundaria con quebradoras de cono y una etapa terciaria mediante rodillos a presión.

Para la clasificación de las partículas se usarán cribas vibratorias con retornos y las transferencias se realizarán mediante alimentadores a chutes y bandas. El producto del circuito será mineral triturado con tamaño de partícula de 8 mm a finos, por lo que, se aglomerará en tambores rotatorios con el uso de agentes cementantes para formar conglomerados con una resistencia y permeabilidad compatibles con el método de lixiviación estática en patios.

Para la recuperación de los valores, San Antón de las Minas S.A. de C.V. (SAM), a través de la empresa internacional Golder Associates Inc., mediante la oficina ubicada en la ciudad de Reno, Nevada, USA, diseñó las obras que conformarán un el Patio de Lixiviación con base en las Especificaciones de Protección Ambiental contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata. Como lo señala la “Figura 1. Sistema de Lixiviación” de la Norma, el sistema de lixiviación se conformará por el “conjunto de obras y servicios que integran el proceso de lixiviación en pilas de mineral de oro y plata de baja ley (SEMARNAT, 2010) constituido por las obras del patio de lixiviación y la planta metalúrgica; ésta última se diseñó por la empresa Global Sedgman S.A., a través de sus oficinas en Santiago de Chile, en el país sudamericano Chile.

Durante la operación del sistema de lixiviación, el mineral aglomerado se colocará en pilas, sobre una plataforma (superficie con recubrimiento) dividida en Celdas para diferenciar el tratamiento del mineral de acuerdo con su ley. Con el objeto de promover la disolución de los metales, se regará con un agente de lixiviación4 formulado a partir de soluciones preparadas con bajas concentraciones de cianuros5.

La solución resultante del proceso de lixiviación (preñada) que drenará por gravedad de la plataforma, reclamará a una pileta para solución rica siempre y cuando la concentración de valores sea redituable o a una pileta de solución intermedia a fin de reintegrarla al proceso y "enriquecerla". La solución preñada, pasará a la planta metalúrgica diseñada para una primera operación por el método Sulfidización, Acidificación, Reciclaje y Espesamiento (SART) a efecto de recuperar el cobre disuelto en la solución y tratarlo para obtener sulfuros de cobre y la solución cargada derivada del SART, pasará a la segunda etapa u operación diseñada para el método denominado Adsorción- Desorción6- Recuperación (ADR), que consiste en pasar la solución cargada a través del carbón activado, contenido en un tren de columnas, siendo el carbón el medio donde se adsorberán los valores aprovechando los microporos activados.

Posteriormente el carbón rico o cargado con los metales, se despojará mediante la desadsorción de valores en columnas de elusión (previa limpieza del carbón mediante lavado ácido), para pasar a un conjunto de celdas electroquímicas que funcionarán como el medio para separar los metales de la solución despojada y el subproducto obtenido se filtrará y fundirá, obteniendo barras de doré como el segundo producto comercial. Para el acceso al sitio y el abastecimiento de servicios requeridos para la operación, se pretende realizar obras para abastecimiento de agua, generación de energía eléctrica, caminos de acceso, almacenes, oficinas, etc. Para lo cual, el proyecto se desarrollará en una superficie envolvente de 385.26 has que conforman los predios propiedad,

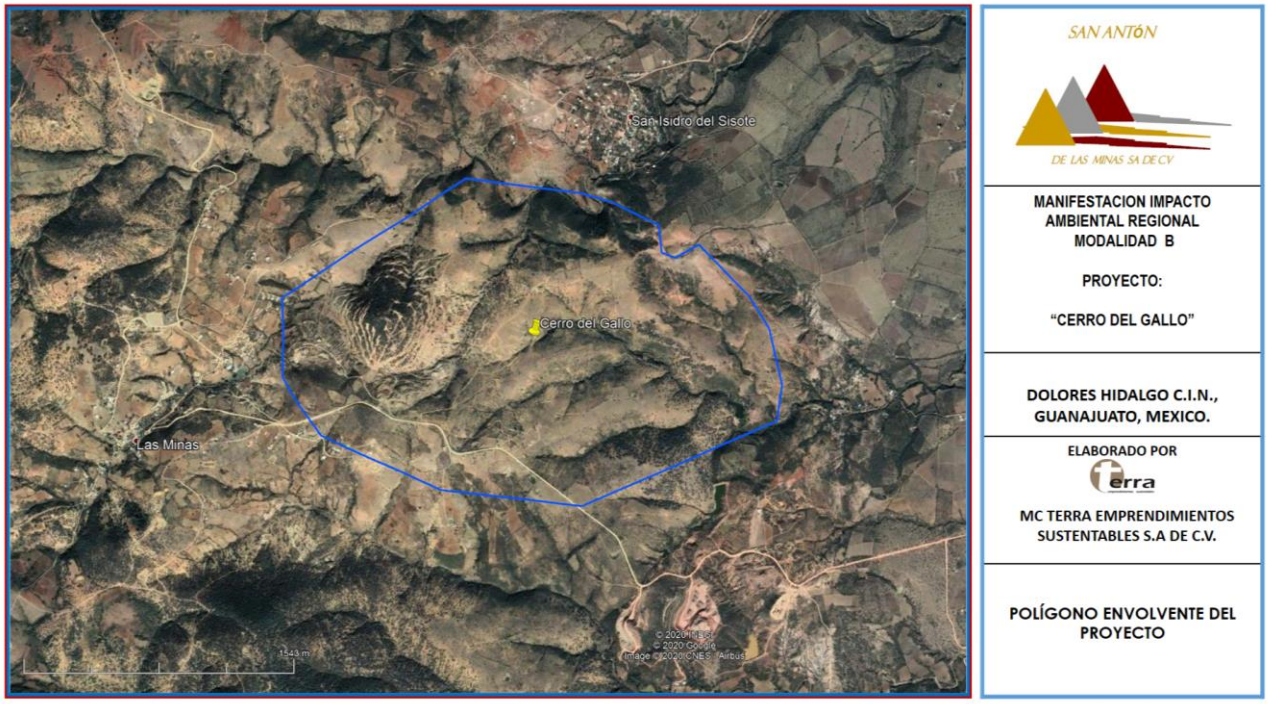
[4] Compuesto químico que se utiliza en los patios para la disolución y recuperación de valores del mineral.
[5] Todos los grupos CN- en compuestos cianurados que pueden ser determinados como ion cianuro.
[6] El nombre técnico de la etapa puede ser desorción o desadsorción.

arrendados o adjudicados a la promovente, cuyas coordenadas se muestran en la tabla siguiente.

Tabla II. 1. Coordenadas de la superficie envolvente del proyecto

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288947.99	2330993.23	10	290207.84	2332478.78
2	289745.20	2330889.95	11	289930.95	2332625.48
3	290877.10	2331352.69	12	289760.86	2332678.81
4	290907.61	2331562.16	13	289096.17	2332767.78
5	290833.66	2331887.35	14	288043.81	2332094.29
6	290721.75	2332071.27	15	288054.20	2331647.63
7	290434.68	2332367.80	16	288277.46	2331313.21
8	290299.99	2332294.35	17	288947.99	2330993.23
9	290221.26	2332323.76			
Superficie = 3,852,646.42 m^2					

Figura II. 1. Polígono envolvente del proyecto



2.1.2. Objetivos y justificación del Proyecto

La minería es una de las actividades económicas de mayor tradición en México, practicada desde la época prehispánica y fuente de la expansión regional desde la colonia. En el México independiente, la participación de la industria minera fue muy importante para el desarrollo económico del país.

Actualmente, el sector minero aporta el 1.5% al producto interno bruto nacional, contribuye con 328 mil empleos directos y un millón 600 mil indirectos, según cifras de la Cámara Minera de México, CAMIMEX, lo que le hace ser uno de los sectores empleadores más grandes del país. Hoy en día, la industria minera se ubica como el cuarto generador de divisas netas del país, con un monto de 22 mil 516 millones de dólares, según cifras de INEGI.

La industria de la minería y su cadena productiva, tienen una contribución importante en México y geológicamente la geografía es importante por su riqueza mineral. México se encuentra dentro de los 12 principales productores a nivel mundial de 17 minerales. Hoy en día, todos los estados mexicanos cuentan con operaciones mineras.

México es un territorio atractivo para los inversionistas ya que es el primer productor mundial de plata, undécimo de oro y duodécimo de cobre. Según datos de Marketline, el sector minero y de metales a nivel internacional tuvo un crecimiento de 21.5% durante 2011, pasando de $2,465 mmd, en 2010, a $2,997 mmd. Se estima que para el 2016 la industria alcance los $4,989 mmd a una TMCA de 10.7% entre 2011 y 2016.

En 2011, Asia-Pacifico fue la región con mayor participación en cuanto a valor de la industria con una participación de 65.1%, seguida por Europa con el 17.4%.

En 2012, el valor de la producción minera fue de 22.2 mmd, lo que representa un crecimiento de 6.7% respecto al 2011. La minería extractiva representó 1.8% del PIB, mientras que la minería ampliada (excluyendo petróleo) el 4.9%. Se estima que el sector

minero mexicano alcanzará un valor de mercado de 17 mmd en el 2016., ya que el país se beneficiará de un entorno empresarial estable y de mejores políticas regulatorias.

Las principales entidades productoras del sector fueron Sonora con una participación de 24.9%, Zacatecas con 21% Chihuahua con 12.2% y Coahuila con 4.5%. Estas cuatro entidades aportaron en conjunto el 65% del valor total de la producción minera mexicana.

La producción minera de México se divide en Oro (25%); Plata (24%); Cobre (18%); Zinc (6%); Arena (3%); Fierro (3%); Grava (2%); Agregados Pétreos (2%); Plomo (2%) y otros el (15%). En diciembre de 2012, el sector minero registró 3,040 unidades económicas6 y un total de 328,555 empleos directos.

En los últimos 12 años, las empresas mineras han invertido en México 51,106 millones de dólares que equivalen a la construcción de 5.6 nuevos aeropuertos como el que se pretendían edificar en Texcoco.

De acuerdo con la Cámara Minera de México (Camimex), tan sólo en 2017 la industria pagó por concepto de Impuesto Sobre la Renta (ISR) 28,805 millones de pesos a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la cual también registró 8,281 millones de pesos por concepto de ingresos no tributarios.

Mientras que el Fondo Minero para el Desarrollo Sustentable, en 2014 recaudó 2,589 millones de pesos, que se distribuyeron entre 199 municipios de 25 estados donde hay operaciones mineras.

En un comunicado, destacó que en 2015 el monto para el Fondo Minero ascendió a 2,662 millones pesos; en tanto, en 2016 recibió 2,700 millones de pesos.

Mientras que el año 2017, las mineras aportaron 4,206 millones de pesos para obras sociales e infraestructura productiva para los estados y municipios mineros.

La situación difícil que ha enfrentado la minería fue causada principalmente por la caída de los precios de los metales en el mercado internacional y los nuevos gravámenes vigentes desde 2014. Sin embargo, las compañías han seguido invirtiendo, se han mantenido como importantes contribuyentes.

De acuerdo con el Instituto Mexicano del Seguro Social, el empleo en la minería durante 2017 creció 4.8%, equivalente a 16,854 empleos nuevos, casi el doble de las plazas generadas en 2016, para alcanzar 371,556 empleos directos.

Por lo que, más de dos millones 200,000 personas laboran de manera directa e indirecta en el sector y los salarios de los trabajadores de la industria minero-metalúrgica son 32% superiores al promedio nacional.

El proyecto consiste en un conjunto de obras para desarrollar la actividad minera, que tiene por objetivo la extracción y el beneficio de minerales con contenido de oro, plata y cobre, es por esta razón que se realiza la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, de acuerdo a lo que se cita en el artículo 10 fracción I y 11 fracción III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: “En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular”.

De acuerdo del estudio de factibilidad desarrollado por la promovente se garantizó la certeza de que el área era económicamente viable; así mismo con las evaluaciones de impacto ambiental y riesgo presentadas se determinó que debido a las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como a los equipos y procesos a utilizar era ambientalmente viable la ampliación del proyecto.

2.1.2.1. Objetivos.

El objetivo del proyecto es la explotación y beneficio de minerales con valores económicamente recuperables de oro, plata y cobre, a través de la explotación de depósitos. Con la construcción y operación de la Unidad Minera se destacará la promoción de las actividades productivas y el desarrollo regional generando empleos directos y a su vez un saneamiento de la economía del lugar, lo que permitirá el arraigo de los pobladores de la región.

Otro de los beneficios directos que traerá consigo, será la ampliación de la infraestructura de comunicación, en especial, los caminos vecinales que habrán de servir de igual modo al desarrollo económico y social de la región.

Con la unidad minera planeada se extraerán y beneficiarán el oro, la plata y el cobre, metales preciosos en cantidades importantes, pero el valor de la producción de oro será mucho mayor y le brinda una solidez y viabilidad económica al proyecto.

Actualmente, este metal es ampliamente buscado en el mundo por sus características naturales, así como por aquellas establecidas por el hombre, que lo han llevado a ser considerado tanto como materia prima como elemento monetario. Esto último en virtud de su alta liquidez y sus altos niveles de stock, lo que hace que pueda funcionar como medio de pago y como activo de reserva.

Sus características físicas y químicas, como la maleabilidad, alta conducción, resistencia a la corrosión y el ser no tóxico e inerte biológicamente entre otras, lo hacen insustituible en una serie de aplicaciones tecnológicas. De esta forma, se utiliza en la medicina para el desarrollo de investigación y el tratamiento de diversas enfermedades, como la artritis y los tratamientos con láser, así como la elaboración de implantes que pueden tener riesgos de infección como son aquellos utilizados en el oído medio, las bombas de insulina y los utilizados en odontología entre otros.

Por otra parte, por ser un superconductor, se emplea en la industria electrónica en la fabricación de una amplia gama de aparatos como computadoras, televisores, teléfonos, y reproductores de DVD, entre otros. Además, es empleado ampliamente en la industria aeroespacial.

La demanda global del oro fue de 915 toneladas en el periodo comprendido de julio a septiembre de 2017. La demanda de joyas de oro en el mercado chino se incrementó un 13%, hasta 159.3 toneladas en este mismo periodo, impulsado por las fiestas tradicionales donde el oro suele ser un regalo predilecto. En China se ha puesto fin a una tendencia descendente de diez trimestres consecutivos. Para Wang Lixin, gerente general del WGC en China, el país “es el que más ha contribuido al crecimiento de la demanda global de lingotes y monedas de oro en el tercer trimestre del año en curso”. Según los datos proporcionados, la demanda de inversión de oro subió un 57%, hasta 64.3 toneladas, frente a la caída registrada en el resto del mundo. Mientras que para el segundo trimestre de 2018 la demanda de este producto fue 964.3 toneladas, lo que deja el total acumulado en el primer semestre del año en curso de 1,959.9 toneladas.

Las cifras de demanda de lingotes y monedas de oro de inversión en el primer semestre de 2018 están en línea con la media de los últimos tres años: 509.1 toneladas, frente a una media de 508.6 toneladas entre 2015 y 2017.

Por lo que se refiere a las compras protagonizadas por el sector oficial, las compras de oro en el segundo trimestre fueron de 89.4 toneladas, mientras que en el primer semestre de 2018 fue de 193.3 toneladas, un 8% mayor que la del primer semestre del año anterior.

Rusia, Kazajistán y Turquía fueron los mayores compradores de oro en el primer semestre de 2018. En el caso de la primera, acumuló 53.2 toneladas en el segundo trimestre de 2018, un 49% más que en el mismo periodo de 2017, y elevó sus reservas de oro en 105.3 toneladas (+5%) en el primer semestre. Por su parte, Kazajistán

incrementó sus reservas en 11.6 toneladas en el segundo trimestre de 2018 (+3% interanual), encadenando 68 meses consecutivos de aumento de sus reservas. En cuanto a Turquía, las compras del primer semestre fueron de 38,1 toneladas (+82% interanual), mientras que en el segundo trimestre se elevaron a 8.3 toneladas (-6%). La demanda de oro por parte del sector de la tecnología creció un 2% en el segundo trimestre del año con respecto al mismo periodo del año anterior, hasta las 83.3 toneladas.

El subsector de la electrónica se llevó 66.2 toneladas de esta demanda, un 3% más que en el segundo trimestre de 2017. El de otras industrias creció un 1%, hasta 12,9 toneladas, mientras que el dental se dejó un 4%, quedándose en 4.2 toneladas.

Por lo que se refiere al suministro de oro, su crecimiento fue del 3% en el segundo trimestre de 2018, con respecto al mismo periodo del año anterior, totalizando 1,120.2 toneladas. El oro procedente de la minería creció un 3% también en el segundo trimestre, hasta las 835,5 toneladas, mientras que el procedente del reciclaje aumentaba un 4%, hasta las 294.7 toneladas. En el conjunto del primer semestre del año 2018, la producción minera creció un 4% interanual, hasta las 1,629.5 toneladas.

Otros objetivos que se persiguen con el desarrollo del pretendido Proyecto de **“Cerro del Gallo”** son:

- Generar fuentes de empleo directas e indirectas, bien remuneradas, que permitan **mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades aledañas al proyecto**; en éste rubro es de interés particular el capacitar e integrar operadores de las poblaciones de San Antón de las Minas, El Sisote, Silleros, La Luz, Cerrito de Guadalupe, etc.; a fin de evitar la migración hacia otros países.

- Mediante la integración al proyecto de los habitantes de las poblaciones rurales, **abatir y, para el caso de San Antón de las Minas y El Sisote, desaparecer la agricultura y ganadería de subsistencia**, que actualmente se realiza en terrenos

no aptos, permitiendo una recuperación paulatina del sistema ambiental, fuera del área del proyecto. Esta acción es relevante, ya que los gases de efecto invernadero, actualmente se generan por la liberación de carbono orgánico de suelos desprovistos de vegetación y por los gases (metano) inherentes a la ganadería.

- **Restaurar el suelo y la vegetación de áreas ubicadas en terrenos propiedad, arrendados o adjudicados a la promovente**, mediante: la realización de obras de control de erosión; obras para capitación de agua que promueva la infiltración y recarga del acuífero; instalación de un vivero y reforestación.

- Mediante las acciones de restauración, **permitir la sucesión ecológica y el establecimiento de la vegetación nativa**, fomentando la captura de gases de efecto invernadero, contribuyendo así, a disminuir la carga en el Sistema Ambiental.

2.1.2.2. Justificación.

El área a ser ocupada por el proyecto no presenta alguna actividad preponderante en el quehacer económico de la región, por tal motivo se tiene que la mina no va a afectar significativamente cualquier actividad económica que se haya presentado en los terrenos en desarrollo.

Por otra parte, el uso potencial del suelo en la región, denota la baja relevancia agrícola y forestal de llevarse a cabo. El costo ambiental que se generará con este uso será de moderado a leve, ya que existen trabajos del mismo tipo en el sitio y estos de manera natural pueden ser subsanados.

Por lo anterior, y en vista que el uso propuesto traerá más beneficios que cualquiera otra actividad en el predio, y que las actividades a desarrollar tendrán apego a Normas

Oficiales Mexicanas en materia ambiental y a toda legislación existente solicitamos las autorizaciones correspondientes para la actividad minera que aquí se pretende.

Los yacimientos mineros se encuentran donde la génesis geológica los ha producido. Su composición, a veces irrepetible, no permite establecer alternativas de localización, aunque sí alternativas de proyectos de explotación y beneficio. En cuanto al modo de realizarse en búsqueda del mínimo impacto, por lo que se ha determinado el sitio de acuerdo a los siguientes criterios:

Técnicos:

- La disponibilidad del predio ya que actualmente, se cuenta con contratos de arrendamiento, adjudicados o son propiedad de la empresa.
- Se cuenta con minerales de excelente calidad para su aprovechamiento.
- Reservas probadas y áreas con potencial para seguir explorando e incrementando reservas.

Ambientales:

- El impacto ambiental evaluado es mitigado, reducido o eliminado con la restitución a largo plazo del área del proyecto al ser integrando al paisaje.
- Los factores ambientales alterados son debido a las características del terreno, el cual es una zona altamente influenciado por las actividades extractivas de mineras, así como de las actividades de agrícolas de temporal, ganaderas y antropogénicas.
- No se localiza en áreas naturales protegidas, arqueológicas e históricas.
- No se encuentra en zonas de preservación ecológica o de fomento ecológico definidas en los planes de desarrollo urbano del municipio y del estado.
- No compromete la biodiversidad, ni pondrán en peligro especial alguna de flora o fauna.

- La zona será restaurará una vez que se concluya con la actividad planeada o sea al fin de la vida útil de la mina.

Socioeconómicos:

- Los minerales a extraerse tienen una alta demanda en el mercado.
- Se incrementará la bolsa de trabajo a los habitantes de la zona.
- La explotación de minerales traerá como consecuencia servicios e ingresos; tanto a los trabajadores (de forma indirecta) como al poseedor de la propiedad (de forma directamente); así como la economía de la región.

Bajo estas premisas, se consideró que el proyecto aparte de representar un activo para la empresa, ofrece la opción de utilizar un área parcialmente impactada ambientalmente.

2.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto

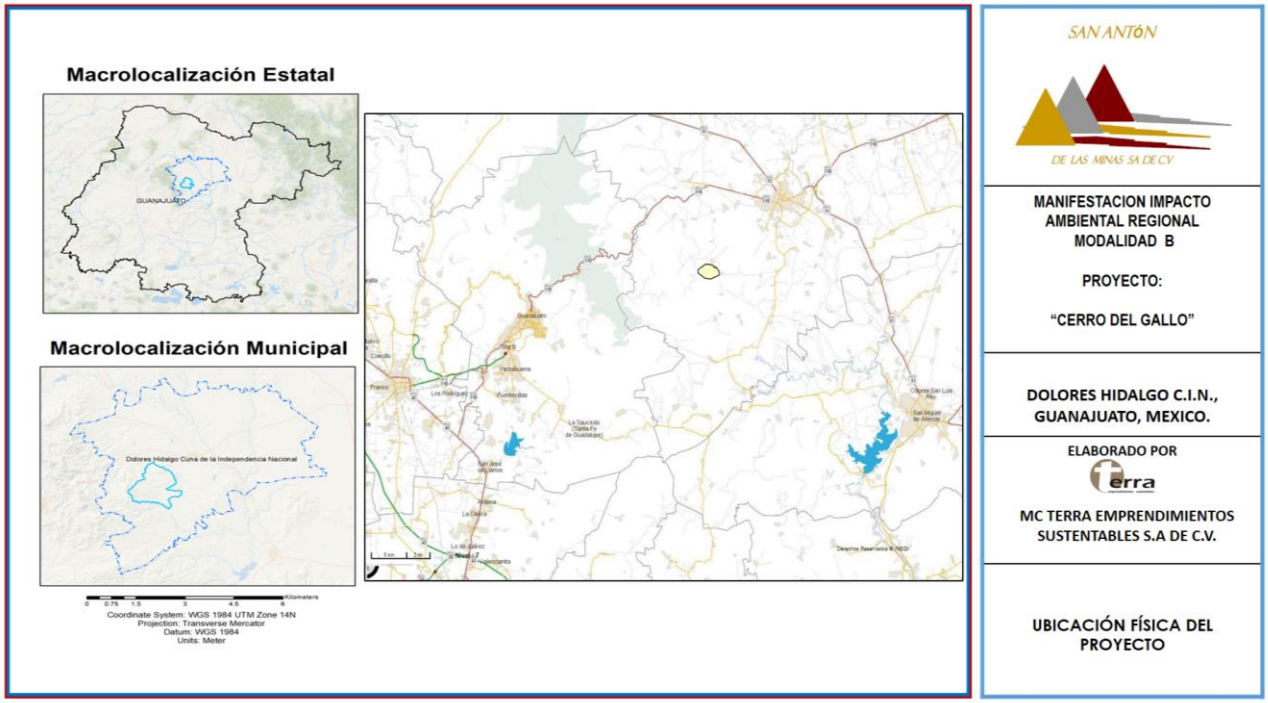
2.1.3.1. Ubicación física del proyecto

El “Proyecto para la “Cerro del Gallo” se localiza en las inmediaciones del poblado de San Antón de las Minas, en el municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, estado de Guanajuato, México; el municipio colinda con otros del propio estado: al Norte con San Diego de la Unión, al Sur con Guanajuato, al Oeste con San Luis de la Paz y al Oeste con el municipio de San Felipe. Considerando la ciudad de Guanajuato, capital del estado, se toma la carretera estatal pavimentada de 2 carriles No. 67 hacia el Oriente que lleva alternativamente a las ciudades de Juventino Rosas, Dolores Hidalgo o a San Miguel de Allende; debiendo pasar un primer entronque de la carretera estatal que se dirige a Juventino Rosas y siguiendo por la misma ruta No. 67 llegar hasta un segundo entronque donde se separan las carreteras estatales pavimentadas que llevan alternativamente a la ciudad de Dolores Hidalgo (carretera No. 110) o bien a San Miguel Allende (No. 67).

Desde este segundo entronque se continúa con rumbo hacia Dolores Hidalgo, transitando por 24.6 km hasta llegar después de unos 820 m del lugar donde se

encuentra el poblado de Cieneguilla en el costado Oeste de la carretera, para tomar la desviación del camino de terracería de 14 km que llega hasta San Antón de las Minas.

Figura II. 2. Ubicación física del proyecto



2.1.3.2. Dimensiones del proyecto

Las dimensiones del proyecto se desglosan en relación con el área que conforman el polígono del predio y las necesarias para desarrollar el proyecto; tanto para obras provisionales como permanentes.

Para llevar a cabo obras y actividades del proyecto "CERRO DEL GALLO" con pretendida ubicación en dirección Suroeste de la cabecera municipal (Dolores Hidalgo C.I.N.), cercano a las Poblaciones de San Antón de las Minas y San Isidro del Sisote, en las coordenadas geográficas 21°04'28" latitud Norte y 101°01'38" longitud Oeste, se requiere de una superficie total de 385.26 hectáreas de las cuales se requiere el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de 168.02 has dividido de la siguiente manera

58.58 has de vegetación secundaria arbustiva de bosque encino y 109.44 has de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural.

Para llevar a cabo, las obras y actividades del proyecto “CERRO DEL GALLO” se pretende ocupar terrenos de las empresas filiales de Argonaut Gold Inc. denominadas San Antón de las Minas S.A. de C.V. promovente del proyecto y San Antón del Oro S.A. de C.V., además de un predio actualmente en arrendamiento a la señora Petra Camacho Camacho.

A pesar de ser empresas hermanas, para efectos legales se celebró contrato de arrendamiento entre San Antón de las Minas S.A. de C.V. y San Antón del Oro S.A. de C.V., en este si bien es cierto, le permite a San Antón de las Minas S.A. de C.V. destinar los inmuebles otorgados en arrendamiento a las actividades relacionadas con su objeto social, asimismo, se acordó que San Antón de las Minas S.A. de C.V. para llevar a cabo las actividades debía gestionar y solicitar ante las autoridades federales, estatales y municipales todas aquellas autorizaciones, licencias y permisos y en particular las de materia ambiental, en las que se consideró el cambio de uso de suelo de terreno forestal. Sin embargo, efectivamente, en dicho contrato no señala explícitamente que San Antón del Oro S.A. de C.V. autoriza a San Antón de las Minas S.A. de C.V. para que pueda llevar a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de todos los inmuebles que han sido objeto de arrendamiento, razón por la que, se firmó el SEGUNDO ADÉNDUM AL CONTRATO DE ARRENDAMIENTO celebrado entre las dos partes el 15 de mayo de 2018, copia certificada del mismo que obra en poder de esa Dirección General.

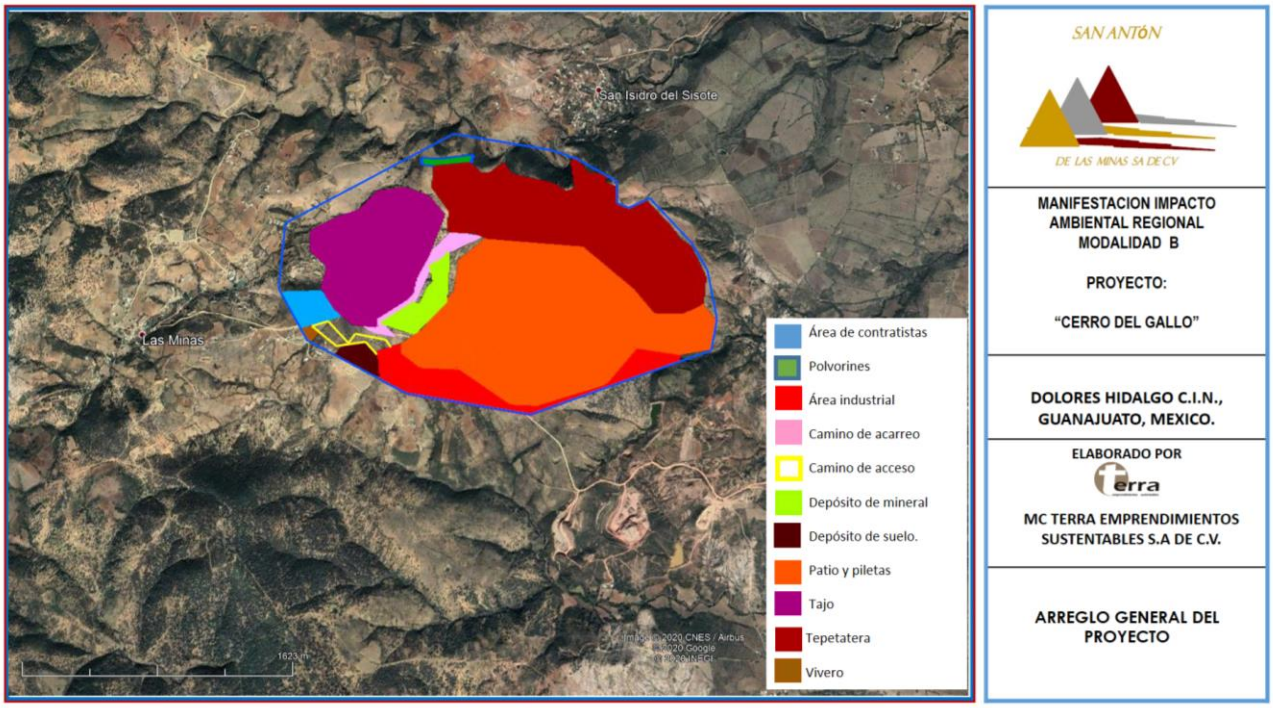
Una de las razones principales de la venta, consistió en la baja productividad de la tierra para los usos a que la tenían sometida (agrícola y pecuario de tipo extensivo), adicionalmente, desde los inicios de la exploración, se acordaron ocupaciones temporales y con el tiempo se crearon las condiciones para la compraventa.

Dentro del polígono del predio, se observan diversos usos del suelo y asociaciones vegetales. El predio, es rústico y compacto (no existen edificaciones insertas en el polígono) y mantiene una superficie total de equivalentes a 389.06 ha todas actualmente dedicadas a actividades pecuarias o agrícolas, debido a que la promovente no ha instalado cercas divisorias que eviten el ingreso del ganado. Dentro del predio de 389.06 has se distribuirán las obras y actividades del proyecto en una superficie de 385.26 has, de las cuales, se requerirá el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de 168.02 has, dividido de la siguiente manera: 58.58 has de vegetación secundaria arbustiva de bosque encino y 109.44 has de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural, la vegetación restante corresponde a 205.96 has de vegetación de pastizal inducido y 11.29 has sin vegetación aparente. Dentro de este polígono de superficie se desarrollarán las siguientes obras y actividades:

- Área industrial (incluye: planta de trituración o preparación de minerales, planta SART, planta de procesamiento de carbono y refinamiento del mineral (planta ADR), almacenes de reactivos, laboratorio, planta de recuperación).
- Área para contratistas.
- Camino de acarreo.
- Camino de acceso.
- Depósito de mineral.
- Sistema de lixiviación (Patios y piletas).
- Polvorines.
- Tajo.
- Tepetatera.
- Vivero.
- Depósito de suelo.
- Área de maniobras, crecimiento, protección de obras y amortiguamiento.

En el plano siguiente se presenta el diseño general de las obras que conforman el proyecto.

Figura II. 3. Arreglo General del proyecto



En el siguiente cuadro se presentan las obras, su superficie en m^2, el uso del suelo actual y el porcentaje con respecto al proyecto.

Tabla II. 2. Superficies de las obras y tipos de vegetación

Uso o destino	Vs arbustiva de pastizal natural		Vs arbustiva de bosque de encino		Pastizal inducido		Agricultura de temporal anual		Totales	
	m^2	Ha	m^2	Ha	m^2	Ha	m^2	Ha	m^2	Ha
Caminos acceso	21,078.30	2.11	0	0	3,651.11	0.37	0	0	24,729.41	2.47
Vivero	15.12	0	0	0	5,014.30	0.5	0	0	5,029.43	0.5
Tepetatera	324,439.14	32.44	53,360.46	5.34	397,570.77	39.76	73,839.01	7.38	849,209.39	84.92
Tajo	21,169.30	2.12	158,306.48	15.83	342,047.69	34.2	0	0	521,523.47	52.15
Polvorines	2,117.11	0.21	0	0	14,660.43	1.47	0	0	16,777.54	1.68
Patios y piletas	354,648.30	35.46	268,463.39	26.85	680,632.06	68.06	0	0	1,303,743.75	130.37
Depósito de suelo	13,338.24	1.33	0	0	16,026.41	1.6	0	0	29,364.64	2.94
Depósito de mineral	41,290.07	4.13	2,423.64	0.24	31,576.69	3.16	0	0	75,290.41	7.53
Camino de acarreo	1,128.30	0.11	2,156.57	0.22	38,027.74	3.8	0	0	41,312.62	4.13
Área para contratistas	11,120.75	1.11	0	0	44,504.08	4.45	0	0	55,624.83	5.56
Área industrial	71,510.14	7.15	51,917.98	5.19	104,705.92	10.47	0	0	228,134.05	22.81
Área de maniobras, crecimiento, protección de obras y amortiguamiento	232,502.80	23.27	49,209.57	4.91	381,161.36	38.12	39,033.19	3.91	701,906.88	70.20
Polígono envolvente	1,094,357.57	109.44	585,838.09	58.58	2,059,578.56	205.96	112,872.20	11.29	3,852,646.42	385.26

A continuación, se muestran las coordenadas de los vértices de las obras permanentes.

Tabla II. 3. Tajo

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288335.90	2331664.63	10	289078.31	2332198.23
2	288440.45	2331525.05	11	288957.70	2332325.58
3	288562.18	2331428.62	12	288806.34	2332372.14
4	288709.92	2331422.63	13	288631.93	2332339.92
5	288697.01	2331469.97	14	288522.83	2332204.22
6	288884.11	2331608.45	15	288376.59	2332147.61
7	288916.60	2331646.02	16	288226.79	2332057.06
8	288930.97	2331753.93	17	288239.44	2331908.39
9	288998.14	2331910.33	18	288359.26	2331808.63

Tabla II. 4. Patios y piletas

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	289213.88	2331890.85	11	290392.94	2331353.17
2	289201.95	2331680.59	12	290677.12	2331320.00
3	289018.97	2331416.59	13	290873.07	2331362.49
4	288897.07	2331320.80	14	290894.65	2331548.82
5	288903.36	2331251.50	15	290805.79	2331656.81
6	289022.04	2331168.04	16	290687.77	2331595.40
7	289272.66	2331168.06	17	290510.14	2331587.46
8	289616.18	2330954.27	18	290372.29	2331741.58
9	289784.47	2330954.24	19	290017.65	2332020.72
10	290206.44	2331105.59	20	289378.26	2332047.63

Tabla II. 5. Vivero

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288294.96	2331308.11	3	288288.11	2331406.32
2	288339.41	2331369.78	4	288236.04	2331382.73

Tabla II. 6. Depósito de mineral

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	289143.39	2331603.71	6	289025.46	2331696.91
2	289134.33	2331936.72	7	288982.28	2331579.29
3	289089.06	2331884.03	8	288939.20	2331592.25
4	289026.55	2331848.06	9	288740.66	2331445.16
5	2331740.90	289057.72	10	288961.17	2331383.10

Tabla II. 7. Trazo del Camino de acceso

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288733.98	2331239.63	6	288398.36	2331444.14
2	288652.88	2331318.81	7	288545.53	2331305.07
3	288559.72	2331301.18	8	288581.17	2331368.65
4	288469.68	2331283.12	9	288782.52	2331336.86
5	288297.89	2331407.53	10	288818.40	2331289.62

Tabla II. 8. Camino de acarreo

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288625.56	2331425.77	9	289144.13	2332080.60
2	288687.09	2331385.28	10	288994.86	2331901.07
3	288838.95	2331360.56	11	288933.95	2331754.55
4	288739.84	2331445.84	12	288926.88	2331717.56
5	288939.95	2331593.79	13	288918.78	2331645.66
6	289025.71	2331848.24	14	288886.07	2331607.43
7	289131.23	2331938.09	15	288697.22	2331469.86
8	289339.96	2332053.59	16	288712.71	2331421.49

Tabla II. 9. Depósito de suelo

Vértice	X	Y
1	288473.13	2331227.48
2	288752.84	2331095.97
3	288728.07	2331224.31
4	288652.27	2331303.53
5	288510.78	2331277.73

Tabla II. 10. Área de contratistas

Vértice	X	Y
1	288081.35	2331624.85
2	288236.37	2331391.93
3	288477.85	2331483.18
4	288434.73	2331516.96
5	288333.23	2331642.95

Tabla II. 11. Área industrial

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288772.48	2331077.20	9	289784.85	2330951.58
2	288950.02	2330989.55	10	289615.72	2330950.29
3	289745.89	2330887.02	11	289272.38	2331166.95

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
4	290447.52	2331181.49	12	289023.26	2331166.14
5	290663.95	2331264.91	13	288902.10	2331250.85
6	290675.10	2331316.97	14	288896.43	2331319.14
7	290393.64	2331351.81	15	288731.06	2331255.03
8	290207.01	2331104.71			

Tabla II. 12. Área de polvorines

Vértice	X	Y
1	288902.75	2332539.62
2	288992.78	2332533.34
3	289234.67	2332567.78
4	289238.82	2332624.32
5	289016.20	2332585.08
6	288901.49	2332587.54

Tabla II. 13. Tepetatera

No.	X	Y	No.	X	Y
1	289,378.331	2,332,047.765	17	290,007.644	2,332,526.848
2	289,282.844	2,332,081.048	18	290,119.556	2,332,516.624
3	289,122.377	2,332,081.048	19	290,126.174	2,332,464.900
4	289,122.377	2,332,223.525	20	290,205.16	2,332,433.88
5	288,994.903	2,332,382.731	21	290,207.85	2,332320.42
6	288,994.903	2,332,532.144	22	290,302.80	2,332288.24
7	289,222.742	2,332,564.254	23	290,405.953	2,332,350.025
8	289,293.529	2,332,495.278	24	290,578.940	2,332,171.699
9	289,361.342	2,332,495.278	25	290,635.368	2,332,095.422
10	289,447.596	2,332,571.389	26	290,710.393	2,332,046.382
11	289,499.348	2,332,497.062	27	290,815.677	2,331,841.371
12	289,785.626	2,332,443.850	28	290,805.806	2,331,656.831
13	289,870.462	2,332,390.321	29	290,687.811	2,331,595.399
14	289,943.993	2,332,412.388	30	290,510.110	2,331,587.476
15	289,901.750	2,332,615.260	31	290,372.283	2,331,741.544
16	289,929.693	2,332,621.079	32	290,017.643	2,332,020.760

Tabla II. 14. Superficie de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales del proyecto

Uso o destino	Vs arbustiva de pastizal natural		Vs arbustiva de bosque de encino	
	m^2	Ha	m^2	Ha
Caminos acceso	21,078.30	2.11	0	0
Vivero	15.12	0	0	0
Tepetatera	324,439.14	32.44	53,360.46	5.34
Tajo	21,169.30	2.12	158,306.48	15.83
Polvorines	2,117.11	0.21	0	0
Patios y piletas	354,648.30	35.46	268,463.39	26.85
Depósito de suelo	13,338.24	1.33	0	0
Depósito de mineral	41,290.07	4.13	2,423.64	0.24
Camino de acarreo	1,128.30	0.11	2,156.57	0.22
Área para contratistas	11,120.75	1.11	0	0
Área industrial	71,510.14	7.15	51,917.98	5.19
Área de maniobras	232,502.80	23.27	49,209.57	4.91
Total de CUSTF	**1,094,357.57**	**109.44**	**585,838.09**	**58.58**

2.1.4. Inversión requerida

Para referir el monto de la inversión requerida, se señalan dos escenarios importantes que se presentan en el ámbito minero.

Por un lado, en este tipo de operaciones, se requiere de equipamiento e insumos de fabricación extranjera provista por empresas globales, no obstante que sean colocados por medio de representaciones nacionales. Por otra parte, la proyección económica se expresa en dólares por tratarse de la moneda corriente de las transacciones de compra y las importantes variaciones que se pueden presentar en los mercados de cambio de esta divisa, generándose una incertidumbre para precisar el monto total resultante.

No obstante, para establecer un parámetro sobre el monto que será necesario invertir en el proyecto, se prevé un total de $97,497,000.00 dólares americanos. Considerando la paridad FIX de $21.3770 pesos mexicanos por dólar estadounidense, publicado por el Banco de México el día 29 de octubre de 2020, como el tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en dólares de los EE.UU.A., pagaderas en la República Mexicana. La cantidad equivale a una suma de $2,084,193,369.00 pesos M.N., para el concepto de inversión y sin tomar en cuenta los gastos de operación que se desembolsarán de forma rutinaria durante el transcurso del tiempo, en el cuadro siguiente se presenta la inversión requerida, cuyo financiamiento es la propia promovente a través de los mecanismos de las empresas de capital abierto que cotizan en las bolsas de valores.

Tabla II. 15. Inversión del proyecto para la construcción del proyecto

Obra o actividad	Inversión estimada M.N.	Inversión estimada Dlls U.S	Porcentaje (%)
Exploración	$7,930,867.00	$371,000.00	0.38%
Sitio y utilidades generales	$162,529,331.00	$7,603,000.00	7.80%
Generación y distribución de energía	$185,338,590.00	$8,670,000.00	8.89%
Sistema de distribución de agua	$34,416,970.00	$1,610,000.00	1.65%
Equipo móvil	$41,492,757.00	$1,941,000.00	1.99%
Triturado primario	$70,266,199.00	$3,287,000.00	3.37%
Triturado secundario	$106,457,460.00	$4,980,000.00	5.11%
Triturado terciario	$242,222,787.00	$11,331,000.00	11.62%
Aglomeración	$67,444,435.00	$3,155,000.00	3.24%
Sistema de apilado	$177,065,691.00	$8,283,000.00	8.50%

Obra o actividad	Inversión estimada M.N.	Inversión estimada Dlls U.S	Porcentaje (%)
Patios de lixiviación y piletas	$374,076,123.00	$17,499,000.00	17.95%
Planta de recuperación	$150,643,719.00	$7,047,000.00	7.23%
Procesamiento de carbono y refinamiento	$76,080,743.00	$3,559,000.00	3.65%
Planta SART	$209,302,207.00	$9,791,000.00	10.04%
Reactivos	$28,837,573.00	$1,349,000.00	1.38%
Laboratorio	$31,851,730.00	$1,490,000.00	1.53%
Partes de repuesto	$118,236,187.00	$5,531,000.00	5.67%
Total	$2,084,193,369.00	**$97,497,000.00**	**100.00%**
Costos medidas de mitigación y compensación, incluye Programa de Cierre y abandono.	$104,209,668.45	$4,874,850.00	5.00%

2.2. Características particulares del proyecto, plan o programa

El proyecto consiste en obras y actividades para la explotación y beneficio de minerales metálicos con particular interés en aquellos, que contienen oro, plata y cobre, cuyas concentraciones les otorgan viabilidad técnica y económica, para el minado y beneficio de los mismos, recalcando que, para poder desarrollar las diferentes etapas del proyecto, se requerirá de infraestructura para apoyo, directamente vinculada al desarrollo de las mencionadas obras y actividades; es decir obras y actividades cuyo propósito es única y exclusivamente para el correcto funcionamiento de las operaciones unitarias y sistemas que conforman el multicitado proyecto.

La explotación del proyecto será mediante tajo abierto. El tajo abierto se ve como un gran tazón y este se va construyendo en la medida en que la operación va avanzando tanto en forma lateral como a profundidad. A medida que se va trabajando, se genera una especie de anfiteatro (por su forma escalonada) cuya forma puede ir cambiando en la medida en que avanza la operación. De las operaciones del minado se obtienen básicamente dos tipos de materiales, el que es económicamente viable su beneficio denominado mineral y los que no lo son conocido como tepetate. El mineral sigue el proceso de beneficio, mientras que el tepetate se deposita en sitios diseñados conforme a los criterios de almacenamiento y disposición final establecidos en la NOM-157-SEMARNAT-2019.

Las actividades del beneficio de minerales, iniciará con etapas de trituración y clasificación; en razón de las características (tamaño de partícula) de los metales presentes en el mineral, se diseñó una Planta de Trituración con tres etapas; una etapa

de trituración primaria a través de quebradora de quijada, la etapa de trituración secundaria con quebradoras de cono y una etapa terciaria mediante rodillos a presión. Para la clasificación de las partículas se usarán cribas vibratorias con retornos y las transferencias se realizarán mediante alimentadores a chutes y bandas. El producto del circuito será mineral triturado con tamaño de partícula inferior a 8 mm, por lo que se aglomerará en tambores rotatorios con el uso de agentes cementantes para formar conglomerados con una resistencia y permeabilidad compatibles con el método de lixiviación estática en patios.

Durante la operación del sistema de lixiviación, el mineral aglomerado se colocará en pilas, sobre una plataforma (superficie con recubrimiento) dividida en celdas para diferenciar el tratamiento del mineral de acuerdo con su ley. Con el objeto de promover la disolución de los metales, se regará con un agente de lixiviación7 formulado a partir de soluciones preparadas con bajas concentraciones de cianuros8. La solución resultante del proceso de lixiviación (preñada) que drenará por gravedad de la plataforma, reclamará a una pileta para solución rica siempre y cuando la concentración de valores sea redituable. La solución preñada, pasará a la planta metalúrgica diseñada para una primera operación por el método Sulfidización, Acidificación, Recirculación y Espesamiento (SART) a efecto de recuperar el cobre disuelto en la solución y tratarlo para obtener sulfuros de cobre y la solución cargada derivada del SART, pasará a la segunda etapa u operación diseñada para el método denominado Adsorción- Desorción-Recuperación (ADR)9, que consiste en pasar la solución cargada a través del carbón activado, contenido en un tren de columnas, siendo el carbón el medio donde se adsorberán los valores aprovechando los microporos activados. Posteriormente el carbón rico o cargado con los metales, se despojará mediante la desadsorción de valores en columnas de elusión (previa limpieza del carbón mediante lavado ácido), para pasar a un conjunto de celdas electroquímicas que funcionarán como el medio para separar

[7] Compuesto químico que se utiliza en los patios para la disolución y recuperación de valores del mineral.
[8] Todos los grupos CN- en compuestos cianurados que pueden ser determinados como ion cianuro.
[9] El nombre técnico de la etapa puede ser desorción o desadsorción.

los metales de la solución despojada y el subproducto obtenido se filtrará y fundirá, obteniendo barras de doré como el segundo producto comercial.

Para el acceso al sitio y el abastecimiento de servicios requeridos para la operación, se pretende realizar obras para abastecimiento de agua, generación de energía eléctrica, caminos de acceso, almacenes, oficinas, etc.

2.2.1. Programa de trabajo

En el **diagrama Gantt siguiente**, se presenta el programa de trabajo correspondiente a las obras y actividades para desarrollar el proyecto. El diagrama **incluye un calendario para todas las etapas del proyecto**; es decir, abarca la totalidad de la vida útil del mismo incluyendo las tareas correspondientes a la restauración y cierre de mina.

El programa **incluye las etapas o tiempos para la ejecución de las medidas ambientales posteriores a la operación y el mantenimiento** a fin de que ese tiempo -*de autorizarse el proyecto*- se incluya dentro de la vigencia del resolutivo.

De manera concreta, el proyecto conllevaría **19 años** desglosados de la siguiente manera:

- 14 años para la ejecución de las obras de preparación del sitio y construcción.
- 15 años para las actividades de operación y mantenimiento mediante la extracción, depósito de tepetate y beneficio de los minerales.
- 2 años para las actividades de cierre y restauración del sitio.

Tabla II. 16. Programa de trabajo del proyecto

No.	Obra o actividad	Años																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Preparación del sitio																				
1	Desmonte y rescate de flora y fauna silvestre																			
2	Despalme y almacenamiento de suelo fértil																			
3	Excavaciones, nivelación y compactación																			
Construcción de las obras																				
1	Minado a cielo abierto (Tajo)																			
2	Tepetatera (depósito de material estéril)																			
3	Caminos de acarreo																			
4	Planta de trituración																			
5	Almacenamiento y preparación de cianuro																			
6	Sistema de lixiviación																			
7	Patio de lixiviación																			
8	Canal de solución drenado hacia el patio																			
9	Sistema de detección de fugas de la plataforma																			
10	Piletas de soluciones																			
11	Planta metalúrgica																			
12	Talleres maquinaria pesada, polvorines																			
13	Canales de desvío de aguas pluviales																			
14	Caminos de acceso																			
15	Caminos internos o de servicio																			
16	Línea de transmisión eléctrica																			
17	Sistema de Abastecimiento de agua																			
18	Obras diversas (oficinas, comedores, etc)																			
Operación y mantenimiento																				
1	Explotación de mineras (tajo)																			
2	Depósito de material inerte																			
3	Trituración clasificación de minerales																			
4	Alimentación patio de lixiviación																			
5	Apilamiento (montones de mineral)																			
6	Ciclos de riego																			
7	Reclamo de solución rica																			
8	Acidificación, sulfidización, espesamiento																			
9	Filtrado del precipitado de sulfuros																			
10	Neutralización, espesamiento y reciclaje de solución de la planta SART																			
11	Adsorción de la planta ADR																			
12	Lavado, ácido y enjuague de carbón en planta ADR																			
13	Desadsorción de la planta ADR																			
14	Regeneración térmica del carbón desalojado de la planta ADR																			
15	Recuperación (Electrolisis) de la planta ADR																			
16	Descarga, lavado, filtrado y secado de cátodos																			
17	Refinación y fundición del DORE																			
18	Mantenimiento a la infraestructura de la mina																			
Cierre y restauración del proyecto																				
1	Plan de cierre de la Mina																			
2	Abandono de instalaciones																			

2.2.2. Estudios previos a la preparación del diseño del proyecto

De acuerdo con el contenido de la **Guía**, deben identificarse los principales componentes del proyecto en las etapas de preparación del sitio y construcción; operación y mantenimiento, y desmantelamiento y abandono de las instalaciones, a fin de establecer la objetividad de la identificación de los impactos significativos, residuales y sinérgicos que potencialmente podrían incidir sobre los diferentes factores ambientales.

Sin embargo, éstos impactos se generarían si no existe un diseño de ingeniería de las obras basado en la caracterización de los residuos y la caracterización del sitio; **Especificaciones de Protección Ambiental** señaladas por la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, a fin de aplicar las citadas especificaciones, en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, cierre y monitoreo de los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, por ello a continuación se presentan un resumen los estudios contenidos en el anexo 8 que fueron empleados para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, así como la justificación técnica para su empleo.

San Antón de las Minas S.A. de C.V. (SAM), contrató diversas empresas para elaborar **los diseños de ingeniería** de la mina y el sistema de lixiviación de minerales de oro y plata. Previo a ello, se llevaron a cabo los estudios necesarios para soportar técnicamente los citados diseños. Los estudios y diseños que por su relevancia se consideran fundamentales para las etapas del proyecto, se listan a continuación.

- Estudio climático e hidrológico para el proyecto Cerro del Gallo (PHCA; Gómez, J, 2014).

- Estudios metalúrgicos y diseño de la planta de recuperación para el proyecto Cerro del Gallo (SEDGMAN, 2014).

- Diseño del patio de lixiviación y la tepetatera para el proyecto Cerro del Gallo (Golder, 2014).

- Diseño del tajo y elaboración del plan de minado.

- Estudio de suelos (Herrera & Trillo, 2018).

De igual manera se desarrollaron análisis de agua superficial y subterránea y se caracterizaron los **residuos mineros** del mineral gastado que se generará por el beneficio y del tepetate que resultará del minado, ver estudio en el anexo 08-01 y 08-02.

Como ya se dijo, la finalidad de estos estudios y análisis se relaciona directamente con la aplicación de las especificaciones para la caracterización del sitio y los criterios de protección ambiental señalados por la **NOM-155-SEMARNAT-2007**.

Los estudios, proyectos de ingeniería y demás información técnica o científica utilizada, así como la evidencia de su cumplimiento, **se mantendrá clasificada y disponible en el sitio para que la autoridad verifique su existencia y contenido** en el momento que lo considere necesario; igualmente *-de autorizarse el proyecto-* **SAM** designará **un responsable de la supervisión ambiental** en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades que generen impactos al ambiente, así como que se cumplan las especificaciones establecidas por la Norma de conformidad con la Especificación "**5.1. Especificaciones generales**".

2.2.2.1. Caracterización de los residuos mineros

Estos estudios, se solicitan previo al diseño de la infraestructura de beneficio (mineral gastado) y durante la operación, para con base en ellos planear la restauración del sitio, cierre de la mina y abandono de la concesión.

De manera preliminar se señala, que las siguientes **Normas Oficiales Mexicas** emitidas para regular totalmente los procesos minero metalúrgico mediante los cuales se generan y disponen residuos mineros:

- **NOM-141-SEMARNAT-2003**, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales;

- **NOM-155-SEMARNAT-2007**, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata; y,

- **NOM-159-SEMARNAT-2011**, Que establece los requisitos de protección ambiental de los sistemas de lixiviación de cobre.

Coinciden en el hecho de que **el diseño de las obras de un proyecto** debe empezar con la caracterización de los residuos que serán generados. **Los estándares internacionales amplían la visión** a una detallada descripción de las condiciones geológicas ambientales, incluyendo la reserva del yacimiento y los materiales que **no tienen interés comercial**.

Todos convienen, en que estos materiales elevan el volumen de residuos que produce la operación minera y que debe manejar adecuadamente. Los residuos de minado deben ser identificados cuidadosamente para determinar las concentraciones de elementos tóxicos y el potencial de generación de drenaje ácido de roca (ELAW, 2010).

Para el caso del **proyecto**, los residuos mineros de mayor abundancia consisten en el tepetate proveniente de la actividad de minado y el mineral lixiviado o gastado, generado por el proceso de lixiviación en la plataforma del patio. Las Normas Oficiales Mexicanas **NOM-155-SEMARNAT-2007** y **NOM-157-SEMARNAT-2009**, establecen los procedimientos de muestreo y caracterización para el mineral gastado y tepetate respectivamente.

2.2.2.1.1. Peligrosidad del mineral gastado

Este aspecto, se ordena en la segunda **Especificación de Protección Ambiental** de la Norma Oficial Mexicana **NOM-155-SEMARNAT-2007**, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, denominada "**5.2. Peligrosidad del mineral lixiviado o gastado**".

A fin de cumplir con la obligación, la promovente **San Antón de las Minas S.A. de C.V.** (SAM), contrató a la empresa **SRK Consulting**, mediante la filial en México **SRK Consulting México, S.A.P.I. de C.V.; SRK**, ver anexo 08, realizó dos campañas de muestreo e incluye los siguientes aspectos:

a) Obtención de muestras

La Norma en el numeral **5.2.2** determina que, para la caracterización del mineral lixiviado o gastado, las muestras, **antes del inicio de operaciones**, deben ser obtenidas de las pruebas metalúrgicas realizadas. Debido a que **SAM** adquirió el proyecto **con los estudios metalúrgicos avanzados realizados en laboratorios extranjeros**, se construyó y equipó la infraestructura **para simular el proceso de lixiviación** que pretende desarrollarse en **el proyecto**.

El estudio para caracterizar el mineral realizado por **SRK Consulting México SAPI de CV**; se emitió el reporte denominado "**Caracterización Geoquímica de Mineral Lixiviado**" (SRK, 2015) que se presenta en el **Anexo No. II.2** del Capítulo que nos ocupa.

De manera resumida, el informe comenta:

Se seleccionaron **cuatro muestras que fueron lixiviadas se analizaron bajo los parámetros especificados en la NOM-157 y NOM-155**. En base a la distribución anticipada de los diferentes tipos de minerales y la variación en el contenido de sulfuros, dos muestras de cada litología principal (intrusiva félsica y toba).

SRK detalla, **que existe una estrecha correlación entre la tasa de oxidación y el contenido de sulfuros** y por ello decidió analizar materiales **con un rango de contenidos de sulfuros**, para así llegar a un mejor entendimiento del comportamiento del material

Con ese criterio, se obtuvieron muestras de los **dos litotipos de minerales principales** (toba y félsica). En base a una evaluación estadística para cada litotipo, se calcularon las concentraciones correspondientes de sulfuros para los percentiles 95 y 50.

- **Toba. -** 5.4 % para el percentil 95 y 1.5 % para el percentil 50.

- **Intrusiva**. - 1 % para el percentil 95 y 0.7 % para el percentil 50.

Usando estos criterios, **SRK** preparó e identificó 4 muestras con las dos siguientes características:

- Toba – compuesto 2 (contenido de S = 4.74 %) y compuesto 25 (contenido de S = 1.47 %).

- Intrusiva – compuesto 13 (contenido de S = 1 %) y compuesto 6 (contenido de S = 0.68 %).

b) Método de preparación de las muestras (lixiviación)

De acuerdo al reporte, las muestras de minerales *fueron sometidas a un proceso similar al de la lixiviación en montones que se tiene planeado para el proyecto*. Cada muestra **contenía 2 kg de material con un rango de tamaño de grano entre 2 y 8 mm**. Posteriormente se realizó el proceso de lixiviación usando CN- como agente de lixiviación bajo los parámetros que se observan en el cuadro siguiente:

Tabla II. 17. Detalles de prueba de lixiviación de mineral cianuro

	Comp 2	Comp 25	Comp 6	Comp 13
Masa	2000 g	2000 g	2000 g	2000 g
Duración	840 h	1176 h	840 h	840 h
Parámetros	40% sólidos	40 % sólidos	40 % sólidos	40 % sólidos
	10.5 - 11 pH	10.5 - 11 pH	10.5 - 11 pH	10.5 - 11 pH

Las muestras fueron acondicionadas **por 24 horas** con una solución de cal para elevar el pH a un rango de10.5-11.5. Se agregó 3000 ml de solución de cianuro a cada muestra antes de comenzar la prueba de rodillo de botella. Para mantener el pH arriba del 10.5, se agregó cal cuando fue necesario. De acuerdo con el programa de la prueba, muestras de solución (entre 25 y 35 ml) fueron tomadas para el análisis de oro, plata y cobre.

Después de las pruebas de lixiviación, las muestras fueron filtradas, enjuagadas tres veces con agua destilada, puestas en bolsas de plástico y guardadas en un congelador. Antes de los análisis de caracterización de residuos las muestras fueron descongeladas y puestas a secar al aire.

c) Análisis de las muestras

La caracterización geoquímica **LM/DAR**[10] de las muestras de mineral lixiviado se llevó acabo usando las pruebas especificadas en el plan de muestreo, específicamente ABA, concentraciones totales de metales y lixiviación de metales.

Los residuos de la prueba de lixiviación fueron analizados de acuerdo con los detalles que se observan en el cuadro siguiente.

[10] Liberación de metales y metaloides/drenaje ácido de roca

Tabla II. 18. Resumen de métodos analíticos para muestras

Pruebas de caracterización estáticas	Método(s)
Evaluación de ácido-base	Sulfato por medio de solución de $NaCO_3$
	Potencial de neutralización por medio del Método Sobek Modificado, conforme a MEND 1.16 (Lawrence y Wang, 1997)
	Carbono inorgánico total por medio de adición de HCl, después medición de CO_2 evolucionado
	Carbón total vía horno Leco.
	pH de la pasta (Sobek et al, 1978)
Análisis elemental	Digestión de agua regia, análisis por ICP-MS de Ag, Al, As, Ba, B, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Th, Tl, Ti, U, V, W, Y, Zn
	Hg vía AA a vapor frio
Componentes solubles	Prueba de lixiviación ASTM 3987-85 con agua pH 5.5 de acuerdo con la NOM-141-SEMARNAT-2003.
	Metales de la solución lixiviado (Ag, Al, As, Ba, B, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Th, Tl, Ti, U, V, W, Y, Zn)
	pH, alcalinidad, Eh, sulfato, cianuro total, cianuro WAD

d) Resultados

Los resultados de las pruebas analíticas que se reportan indican:

1. El análisis de **azufre total y especies de azufre** indica que casi todo el azufre ocurre en forma de sulfuros. **La concentración de sulfuros es lo suficiente para generar DAR** (>0.1%). El potencial de acidez (PA) calculado de la concentración de sulfuros tiene un rango de 25.6 a 188 kg CaCO3/t.

2. Los valores de **PN** Sobek son relativamente bajos (entre 6.3 y 34 kg CaCO3/t). La comparación de PN total a PN derivado de carbonato (PN CO3) indica que la mayoría del PN proviene de minerales aluminosilicatos.

3. La relación de PN/PA indica que todas las muestras tienen una relación de menos de 1. De acuerdo con el criterio de la NOM-157, este material es un residuo potencialmente peligroso.

4. Observaciones y conclusiones

Al observar los resultados contenidos en el estudio para caracterizar el mineral gastado, deben señalarse los siguientes aspectos:

- El mineral para la preparación de las muestras se obtuvo de materiales (gravas o núcleo) provenientes de barrenos realizados en el depósito de minerales "**Cerro del Gallo**"; se trituró a un tamaño máximo de 8 mm y un mínimo de 2 mm; sin embargo, no se llevó a cabo la aglomeración, que, por un lado, debería incrementar el tamaño de partícula hasta la de diseño (8 mm) y por otro aportar material neutralizante. Durante la lixiviación se manejó el 40% de sólidos, lo cual no corresponde a una pila de lixiviación, además (a las botellas) se aplicó **agitación por rodillos** lo cual simula un procedimiento de lixiviación dinámica y la prueba más bien emula un proceso de generación de jales. Por último, el tiempo que duró la prueba (3 muestras 35 día y 1 muestra 49 días) en un medio estático, difícilmente crea las condiciones para la descomposición de sulfuros y el método dinámico provoca la rápida separación de sulfatos y acelera la descomposición de los sulfuros.

- Los métodos aplicados para determinar de manera estática la reactividad del mineral gastado, no son los establecidos por la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, ya que ésta se basa en el Anexo Normativo de la **NOM-141-SEMARNAT-2003** que a su vez prevé métodos para determinar sulfatos. Un aspecto relevante, es que el método textualmente indica "*Si el pH medido a las 24 horas de agitación resulta ser menor a 2.0, es necesario repetir la medición del poder de neutralización, pues al inicio de la prueba se adicionó demasiado HCl*" y como se observa en el anexo, en todos los casos el pH promedio fue menor de 2 UpH).

- Como lo indica el informe, el mineral gastado debe considerarse **peligroso en esta etapa** y ello se debe reflejar en el diseño del Sistema de Lixiviación, sin embargo, durante la operación, **se aplicarán los métodos de toma de muestra y análisis de acuerdo a lo establecido en la NOM-155-SEMARNAT-2007**.

2.2.2.1.2. Caracterización del material mineral sin valor económico

Para caracterizar el residuo carente de mineral comercial, conocido como **tepetate**, y definido en la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros como "*Tepetates: Residuos conformados por apilamiento de material mineral, sin valor económico. Incluye al descapote*", el **Departamento de Geología** del proyecto, auxiliado por la empresa **PH Consultores Ambientales S de RL** (PHCA), seleccionó **núcleo y gravas provenientes del material obtenido en barrenos por circulación inversa y diamante, en las campañas de exploración minera directa consistentes en tepetate** y que se encuentran dentro del cono previsto en el diseño del tajo. Al respecto, en el **Anexo** del presente capítulo; se presentan los resultados de laboratorio.

a) Toma de muestras

La toma de muestra se realizó directamente en el almacén de núcleo del proyecto, asegurando que la identificación de los barrenos correspondiera a los seleccionados previamente por el **Departamento de Geología**; los barrenos sujetos de toma de muestra fueron **7** y se obtuvieron **9 muestras** de las **3 litologías dominantes** para el residuo de minado que nos ocupa. Un resumen de estos datos se presenta en la tabla siguiente:

Tabla II. 19. Barrenos y muestras obtenidas de acuerdo a la litología

BARRENO	FALLA FÉLSICO	INTRUSIVO FÉLSICO	INTRUSIVO SILICIFICADO	TOBA	TOTAL
SA13-365		1	1		2
SA13-368				1	1
SA13-369B				1	1
SA13-371	1	1			2
SA13-373		1			1
SA13-376			1		1
SA-209				1	1
TOTAL	**1.00**	**3.00**	**2**	**3.00**	**9.00**

Como se observa en el cuadro siguiente, el número de muestras se relacionó con la litología dominante, **3 para toba**, **3 para residuos félsicos**, **1 (una) ubicada en falla**, pero correspondiente al intrusivo félsico y **2 para intrusivo silicificado**.

Las muestras se tomaron a diferentes profundidades y se identificaron de acuerdo con los que señala en la tabla siguiente.

Tabla II. 20. Identificación de muestras y profundidad por litología

LITOLOGÍA					
ID MUESTRA	**FALLA INT FÉSLSICO**	**INTRUSIVO FÉLSICO**	**INTRUSIVO SILICIFICADO**	**TOBA**	**PROFUNDIDAD**
SAM-209-009-008			-	9.4	9.4
SAM-365-018-006	-	18	-	-	18
SAM-365-058-004	-	-	58	-	58
SAM-368-030-003	-	-	-	3	3
SAM-3698-010-007	-	-	-	1.7	1.7
SAM-371-010-001	-	9	-	-	9
SAM-371-013-002	13.45	-	-	-	13.45
SAM-373-006-005	-	6	-	-	6
SAM-376-016-009	-	-	16	-	16
PROFUNDIDAD MAX	13.45	18	58	3	58
PROFUNDIDAD MIN	-	6	16	1.7	1.7

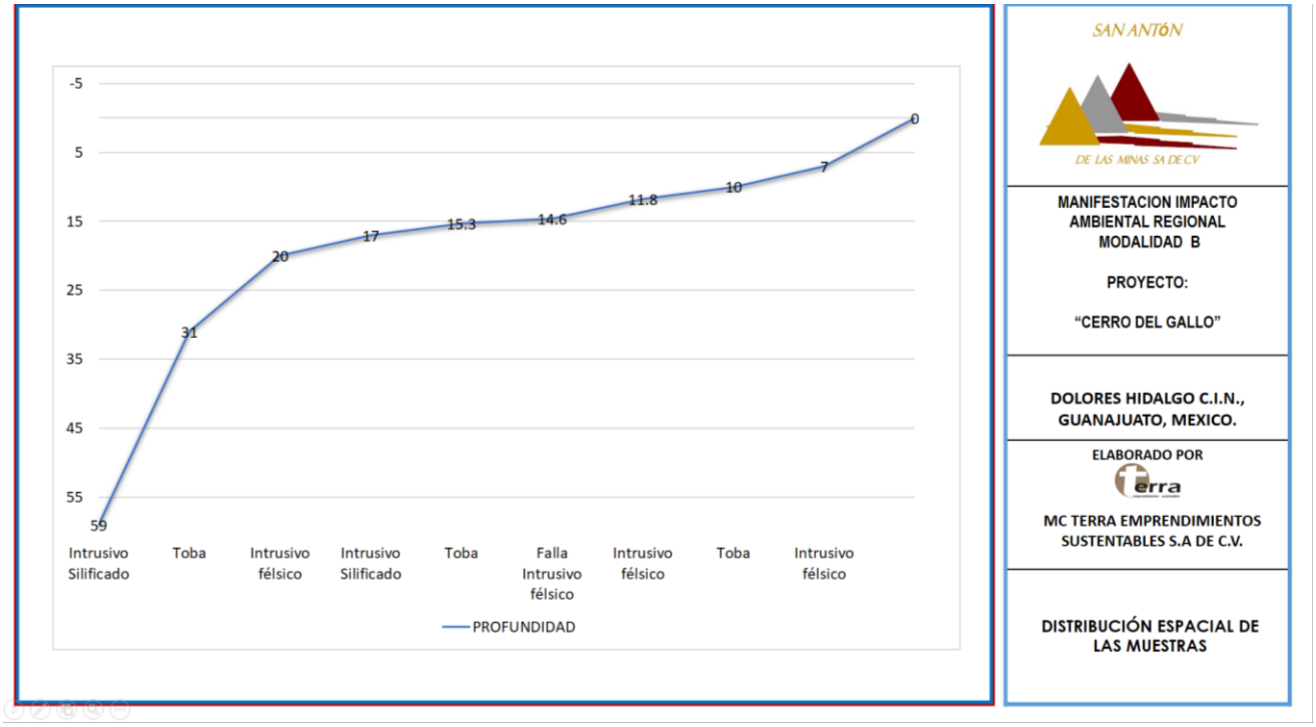
Como se observa; **las 9 muestras se tomaron a diferentes profundidades**; **1 muestra** del tepetate proveniente de falla donde se hospeda tepetate de **intrusivo félsico**, se tomó a **los 13 m**; el residuo de las rocas félsicas (fuera de fallas), **entre los 6 y 18 m**; el tepetate del **intrusivo silicificado** de los **16 a 58 m** y el de **Toba 1.70 a 3 m**. En el informe de los resultados de laboratorio del **Anexo**, **se presenta copia de la cadena de custodia elaborada**, así mismo las fotografías de la toma de muestra.

b) Representatividad de la muestra

Las **9 muestras representan a las litologías que conformarán el tepetate**, sin embargo, por el número, profundidad y distribución espacial de las mismas, **no representan el comportamiento en el depósito** ya que el grado de alteración varía; por lo tanto, la caracterización realizada, **no debe considerarse un estudio geoquímico del tepetate que se encuentra en el depósito Cerro del Gallo**, sino el

conocimiento de la **capacidad neutralizante o acidificante calculado mediante medios estáticos**, que **pudiese tener el residuo en las primeras etapas**, cuando se forme la base de la tepetatera, que en sí es la indispensable para que, en caso de que se presenten tirantes de agua al interior del cuerpo, tener la certeza de la neutralización o bien de la generación de un posible flujo ácido. La distribución en profundidad se presenta en la figura siguiente:

Figura II. 4. Distribución espacial de las muestras

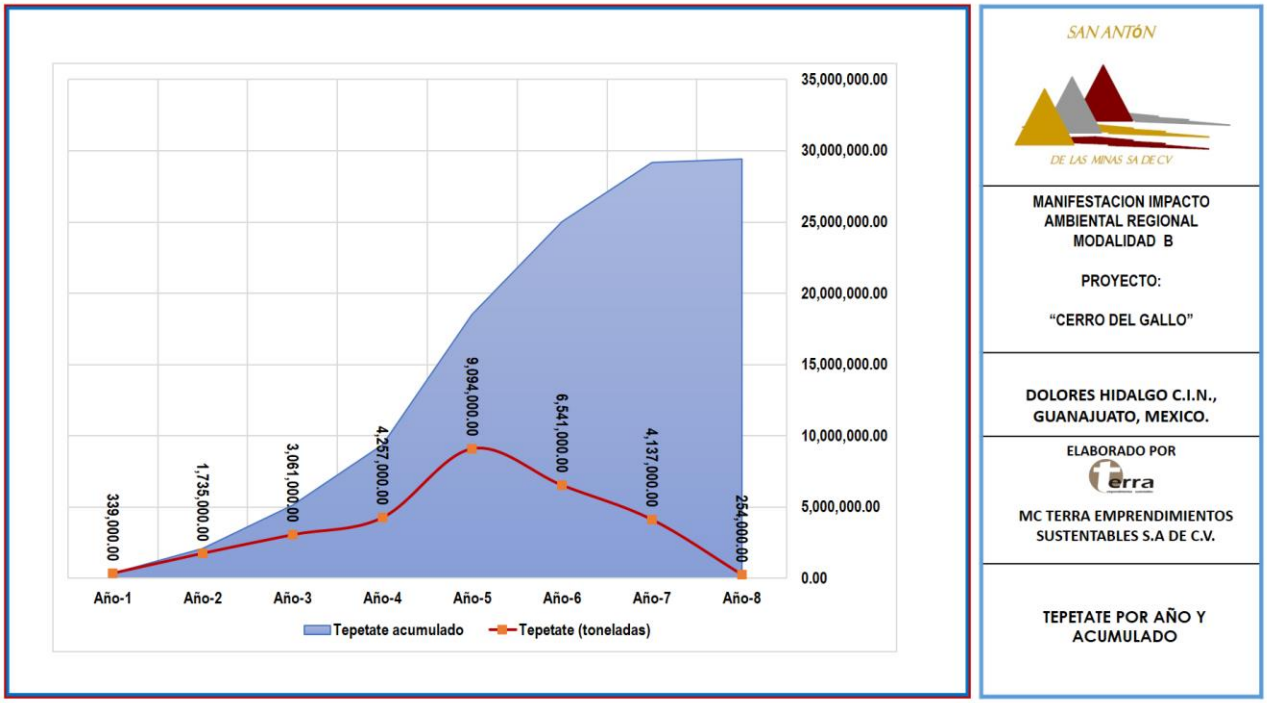


Como se observa en la figura, las muestras que se ubican en las capas superficiales estarán dominadas por intrusivo félsico, posteriormente se encontrará toba e intrusivo félsico, y las de mayor profundidad en este análisis, serán tobas e intrusivo silicificado.

Debe señalarse que, de acuerdo con el **Plan de Minado**, el **año 1 el 95.70% del tepetate**, provendrá de materiales oxidados y el año **2 el 75.09%**, ello indica que son materiales que perdieron parcialmente los elementos reactivos en particular los Sulfuros.

En cuanto al volumen por año, se conformará de la manera siguiente:

Figura II. 5. Tepetate por año y acumulado



De acuerdo al gráfico**, para el final del año 3**, se tendrán acumuladas **5.135** millones de toneladas de tepetate (**Mt**) que equivale al **17.46%** del total estimado. Para ese año, el tajo en el sector norte habrá profundizado **15 m** y en el sur (1ra etapa del tajo) **un máximo de 55 m**, por ello se considera que en la tepetatera **predominarán los residuos de roca félsica, seguidos de tobas y un muy pequeño porcentaje de silicificados**, representados en éste caso por la muestra **SAM-376-16-9**.

De acuerdo con la información proporcionada por el **Departamento de Geología** de la promovente; la distribución en cuanto a masa se comporta de la siguiente manera:

- **Intrusivo silicificado** = 15.75%

- **Toba** = 42.13%

- **Félsico** = 42.13%

Así mismo la ley mínima de corte o *Cut-Off Grade*, como se conoce en el ámbito minero, **corresponde a 0.123 Auppm** o 0.123 ppm de oro y/o **16.387 Agppm** (16.387 ppm de plata).

Bajo esos porcentajes y leyes se realizará en análisis de la caracterización.

c) Preparación y envasado de la muestra

Previo a la toma de muestra, se seleccionó al Laboratorio de Pruebas **Laboratorios ABC, Química, Investigación y Análisis, S.A. de C.V.**, con sede en la Ciudad de México. El laboratorio envió los envases, etiquetas para identificar y cadenas de custodia; así mismo instrucciones precisas en cuanto a la granulometría.

Las muestras de roca se extrajeron de las cajas debidamente identificadas y se trituró a -1 cm; se envasaron en frascos de cristal con tapas de teflón con pesos de entre 1.8 y 2.6 kg por muestra. Cada frasco se identificó las letras **SAM**, que significan **San Antón de las Minas** seguido del número del barreno; posteriormente la profundidad inicial y al final un **numero consecutivo.**

d) Laboratorio y pruebas aplicadas

Como se menciona el laboratorio seleccionado fue **Laboratorios ABC, Química, Investigación y Análisis, S.A. de C.V.**, quien se encuentra certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. con el **No. de Acreditación: R-0091-009/11** y vigencia a partir de **28 de julio de 2011**.

Las pruebas solicitadas y que se aplicaron a los residuos son las siguientes:

1. **Las concentraciones totales** (base seca) de los elementos incluidos en el **Cuadro 2 de la NOM-157-SEMARNAT-2009** para los elementos: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio. La prueba

se realizó mediante los procedimientos descritos en el **Apéndice Normativo B: Métodos Analíticos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, numerales B3** Métodos por espectrofotometría de absorción atómica y **B4** Método por espectrofotometría de emisión con plasma acoplado inductivamente.

2. Para los elementos que rebasaron los límites para concentraciones totales (base seca) establecidos en el Cuadro 2 de la citada Norma, se aplicó la prueba para conocer **la movilidad de los metales y metaloides presentes en el residuo**. Acorde a la Especificación 5.4.2.4.2, la prueba de extracción de los constituyentes tóxicos seleccionada fue "**Lixiviación con agua en equilibrio con CO_2 (H_2O a pH = 5.50 ajustado con burbujeo de CO_2) (Anexo Normativo 5 fracción I, NOM-141-SEMARNAT-2003)**".
3. El potencial de generación de drenaje ácido, mediante aplicar la prueba **PM-ABA** establecida en los **Anexos Normativos 1 y 5** (II) de la **NOM-141-SEMARNAT-2003**.

e) Resultados

Para toxicidad de los residuos por metales

Los resultados se discuten a continuación considerando las pruebas señaladas en el "*Cuadro 1. Pruebas para determinar la peligrosidad del residuo*" de **NOM-157-SEMARNAT-2009**, que, para **Minado y tratamiento de minerales**, obliga a obtener:

- **Concentración total**, para los elementos: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio.
- **Movilidad**, cuando la concentración total de los elementos sea mayor que el correspondiente al límite máximo permisible base seca; y,
- **Potencial de generación de drenaje ácido.**

2.2.2.1.3. Concentraciones totales

De acuerdo con lo señalado en la Especificación **5.4.2.1** de la **NOM-157-SEMARNAT-2009** que textualmente "*5.4.2.1 En el residuo, se determinará, según sea el caso: a) Las*

concentraciones totales (base seca) de los elementos incluidos en el Cuadro 2: antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, plata, plomo y selenio".

Por ello como se observa en la cadena de custodia, **se solicitó al laboratorio dicha prueba para las 9 muestras** y los resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla II. 21. Resultados para metales totales

		MUESTRA								
ELEMENTO	**LMP mg/kg**	**SAM-371-010-001**	**SAM-371-013-002**	**SAM-368-030-003**	**SAM-365-058-004**	**SAM-373-006-005**	**SAM-365-018-006**	**SAM-3698-010-007**	**SAM-209-009-008**	**SAM-376-016-009**
Plata (mg/Kg B.S.)	**100**	6.14	0	14.56	5.26	0	9.44	0	0	15.41
Arsénico (mg/Kg B.S.)	**100**	***109***	***297***	***133.2***	80.57	***107.9***	***166.5***	97.39	55.84	9.38
Bario (mg/Kg B.S.)	**2000**	198.1	135.1	14.57	6.37	125.7	29.95	15.55	31.74	6.97
Berilio (mg/kg B.S.)	**24.4**	0	0	1.25	0	0	1.56	4.12	0	0
Cadmio (mg/Kg B.S.)	**20**	3.72	9.65	***75.42***	8.88	0	5.47	5.32	0	***75.1***
Cromo (mg/kg B.S.)	**100**	6.44	9.01	16.3	9	7.72	5.24	60.61	10.18	8.95
Mercurio (mg/kg B.S.)	**4**	0.18	0.25	0	0.04	0.04	0.27	1.19	0.04	0.05
Plomo (mg/kg B.S.)	**100**	***925.2***	***1,949.00***	***381.4***	***515.1***	***269.5***	***1,571.00***	***784.1***	14.6	***3,005.00***
Antimonio (mg/Kg B.S.)	**10.6**	10.38	5.83	***11.17***	4.49	4.58	0	***36.32***	5.13	0
Selenio (mg/Kg B.S.)	**20**	0	0	12.16	0	0	0	0	0	0

Como se observa en el cuadro, se rebasan los límites máximos permisibles para: **Arsénico**, en las muestras identificadas como SAM-371-010-001; SAM-371-013-002; SAM-368-030-003; SAM-373-006-005 y SAM-365-018-006; **Cadmio** en las muestras SAM-368-030-003 y SAM-376-016-009; **Plomo**, para las muestras SAM-371-010-001, SAM-371-013-002, SAM-368-030-003, SAM-365-058-004, SAM-373-006-005, SAM-365-018-006, SAM-3698-010-007 y SAM-376-016-009 y por último el elemento **Antimonio**, para las muestras SAM-368-030-003 y SAM-3698-010-007.

Como dato importante, debe observarle que el análisis de las muestras **SAM-368-030-003** y **SAM-376-016-009** correspondientes a las litologías **Toba** e **Intrusivo Silicificado,** arrojaron valores de **14.56 y 15.41** mg/kg o partes por millón, en el límite de la Ley Mínima de Corte, por lo que en virtud de que no se cuentan con análisis para oro, deben manejarse con reserva pues pueden corresponder a mineral, por ello se descarta la muestra **SAM-376-016-009**, debido a que independientemente de los contenidos de plata, la concentración de plomo indica que es por lo menos material de "**terreros**" o

residuos conformados por apilamiento de material mineral de baja ley (SEMARNAT, 2011)

2.2.2.1.4. Movilidad de elementos

Con base en los resultados obtenidos en los análisis de metales totales base seca, de conformidad con lo establecido por la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, se solicitó al laboratorio que se realizaran los análisis para movilidad en los elementos y muestras que sobrepasaron los límites, en el cuadro siguiente se presentan los resultados:

Tabla II. 22. Resultados de movilidad de los elementos

ELEMENTO	SAM-371-010-001	SAM-371-013-002	SAM-368-030-003	SAM-365-058-004	SAM-373-006-005	SAM-365-018-006	SAM-3698-010-007	SAM-376-016-009
PLATA mg/L PECT			ND					ND
ARSÉNICO mg/L PECT	ND	ND	ND		ND	ND		
PLOMO mg/L PECT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en los cuadros anteriores, las muestras de tepetate enviadas al laboratorio no reportan la liberación de metales o metaloides y, por lo tanto, **de manera preliminar**, **el tepetate NO posé características** de **peligrosidad por toxicidad**; no obstante, **debido al alcance de las pruebas**, ello **deberá demostrarse durante la operación mediante la caracterización del residuo**, acorde al Plan de Manejo de residuos mineros, que debe implementarse.

2.2.2.1.5. Potencial de generación de drenaje ácido

El potencial de generación del drenaje ácido de roca, se realizó con base en lo que señala la **Especificación de Protección Ambiental** 5.4.2.6.2 de la **NOM-157-SEMARNAT-2009** que textualmente indica "*Para determinar si el residuo es generador potencial de drenaje ácido, se debe de aplicar la prueba ABA establecida en los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y sujetarse a los límites establecidos en el Cuadro 3*".

Debe destacarse que el método parte de muestras compuestas tal y como lo indica la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, en los apartados **5.4.1.1**, que señala "*Para la caracterización del residuo, las muestras deben ser obtenidas:* ***a)*** *Antes del inicio de operaciones o cuando se modifiquen procesos, de las pruebas metalúrgicas realizadas en el laboratorio, y/o,* ***b)*** *Durante la operación, de las corrientes donde se generan los residuos o directamente de los depósitos de residuos*". En virtud de que el tepetate no se sujeta a pruebas metalúrgicas, se entendería la obligación de caracterizarlo en la operación, sin embargo, **el inconveniente que conlleva para aplicar prácticas de ingeniería acordes a las características de los residuos**, que eviten el desarrollo de los impactos ambientales negativos por la toxicidad y/o reactividad de éstos, provocó que la promovente desarrollara diversas pruebas, culminando con las citadas 9 muestras a efecto de validar el diseño preparado por **Golder Associates Inc**., para el depósito superficial de tepetate.

En ésta etapa es de interés conocer las características del material que formará la base de la tepetatera y **se considera que las 9 muestras mantienen cierta representatividad**, siempre y cuando se compositen de acuerdo a lo que establece la multicitada Norma en el numeral **5.4.1.3** "*En la etapa de operación se hará un compósito anual durante la vida útil del proyecto que sea representativo de las características del residuo*"; es decir, **las 9 muestras aisladas no pueden dar indicios firmes del comportamiento del tepetate**, sin embargo si se composita de acuerdo a las litologías predominantes y cantidades de tepetate existentes a la profundidad de las muestras, se tendría un acercamiento que proporcione información al respecto.

2.2.2.1.6. Análisis de acidez por muestra y litología

Para desarrollar la caracterización de las nueve muestras, primeramente, se construyó el cuadro que se presenta enseguida, donde se observan los parámetros necesarios **para una prueba estática de reactividad**; es decir un balance de los materiales que pueden generar acidez.

Tabla II. 23. Análisis de contenidos de azufre por muestra

ID MUESTRA	LITOLOGÍA	Azufre total %	Azufre Sulfatos %
SAM-371-010-001	Intrusivo félsico	ND	ND
SAM-371-013-002	Falla (Intrusivo félsico)	0.03	0.01
SAM-368-030-003	Toba	0.91	0.05
SAM-365-058-004	Intrusivo Silicificado	1.43	0.01
SAM-373-006-005	Intrusivo félsico	0.08	0.01
SAM-365-018-006	Intrusivo félsico	ND	ND
SAM-3698-010-007	Toba	ND	ND
SAM-209-009-008	Toba	ND	ND
SAM-376-016-009	Intrusivo Silicificado	0.54	0.03

Al analizar las 9 muestras, **se observa que en 4 de ellas** (*SAM-371-010-001, SAM-365-018-006, SAM-3698-010-007 y SAM-209-009-008*) no **se detectó azufre total**, **por consecuencia deben descartarse como probables generadores de ácidos,** pero el material neutralizante que contienen sí se debe tomar en cuenta para el balance. En el siguiente cuadro se presentan los % de azufre de las 5 muestras restantes que lo reportaron en forma total (%) y el % en forma de sulfatos.

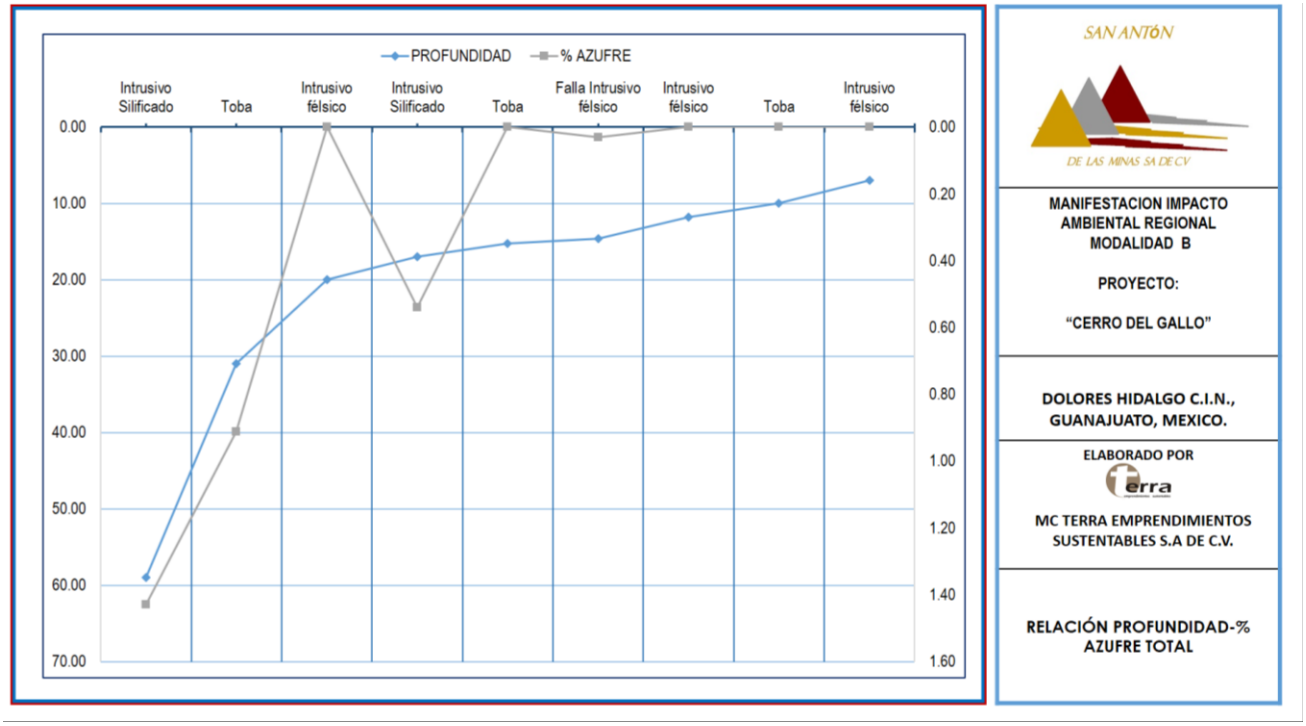
Tabla II. 24. Cuadro de contenidos de sulfuros

ID MUESTRA	LITOLOGÍA	Azufre total %	Azufre Sulfatos %	Azufre Sulfuros %
SAM-371-013-002	Falla (Intrusivo félsico)	0.03	0.01	0.02
SAM-368-030-003	Toba	0.91	0.05	0.87
SAM-365-058-004	Intrusivo Silicificado	1.43	0.01	1.42
SAM-373-006-005	Intrusivo félsico	0.08	0.01	0.07
SAM-376-016-009	Intrusivo Silicificado	0.54	0.03	0.51

Como se observa en el cuadro, la muestra **SAM-365-058-004** contiene **el 1.43% de azufre total**, lo que equivale a **14.3 kg/t**, la muestra **SAM-368-030-003** contiene el **0.91%** y la muestra **SAM-376-016-009** contiene **0.54%** las dos muestras restantes, contienen el **0.08** y **0.03%** de azufre total, es decir, **menor al 0.5% lo que las ubica en una zona de no generadoras**. Un aspecto a resaltar **el comportamiento del azufre con la**

profundidad y la ubicada en falla, aspectos que influyen directamente en el nivel de oxidación de las muestras, por ser más susceptibles de tener contacto con el oxígeno.

Figura II. 6. Relación profundidad-% de azufre



En la figura se observa, que a excepción de la muestra la **SAM-368-030-003** correspondiente a toba, **el resto mantiene una estrecha relación con la profundidad**; el tepetate de intrusivo félsico, se encuentra oxidado y desde los 7 hasta los 30 m de profundidad no contiene azufre (incluyendo la falla); la toba presenta un comportamiento similar e los 10 a los 15 m, sin embargo, **a los 31 m se comporta de una manera anómala**, lo que puede atribuirse a varios factores:

- La muestra **es efectivamente mineral** y el proceso de oxidación no se ha presentado como en el resto de las tobas en estériles;
- La muestra se ubica **en una zona no oxidada** y que por las condiciones geológicas no tiene acceso a oxigeno o agua;
- El azufre se presenta mayormente en forma de sulfuros y éstos no se oxidan fácilmente.

En el cuadro anterior a la gráfica, se observa el **azufre de sulfuros en %**; éste se calculó tal como lo indica el método contenido en el **Anexo Normativo 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003**, donde señala que se determina el azufre tota; se determina el azufre que está en forma de sulfatos y **% S^{2-} = (% S_{total} – % $S_{sulfatos}$)**(SEMARNAT, 2004). Con estos elementos se determinó el Potencial de Acidez de las 5 muestras que contienen sulfuro; para ello se aplicó lo descrito en el cuitado anexo "*Se calcula el Potencial de Acidez como la diferencia entre el azufre total (S_{total}) y el azufre como sulfatos (S_{SO42-}) y **se multiplica por 31.25**; valor que se obtiene de la siguiente reacción de neutralización de los sulfuros*". En la tabla siguiente se presenta el potencial de acidez.

Tabla II. 25. Potencial de acidez global

ID MUESTRA	LITOLOGÍA	Azufre total %	Azufre Sulfatos %	Azufre Sulfuros %	PA kg CaCO3/t
SAM-371-013-002	Falla (Intrusivo félsico)	0.03	0.01	0.02	0.68
SAM-368-030-003	Toba	0.91	0.05	0.87	27.07
SAM-365-058-004	Intrusivo Silicificado	1.43	0.01	1.42	44.33
SAM-373-006-005	Intrusivo félsico	0.08	0.01	0.07	2.28
SAM-376-016-009	Intrusivo Silicificado	0.54	0.03	0.51	16.08

Como se observa, el **intrusivo silicificado** es el que aporta la mayor cantidad de acidez con un **66.79%**; le sigue la **toba con un 29.93%** y por último el **Intrusivo félsico con apenas 3.28%**. Sin embargo, nuevamente la muestra de toba es la única de esta litología que reporta azufre en forma de sulfuros en el estrato superior (31 m).

2.2.2.1.7. Potencial de neutralización por muestra litología

Al igual que el potencial de acidez, el laboratorio reportó el potencial de neutralización por litología y muestra, en la tabla siguiente se presenta:

Tabla II. 26. Potencial de neutralización por muestra y litología

ID MUESTRA	LITOLOGÍA	PN kg CaCO3/t
SAM-371-013-002	Intrusivo félsico	0.00
SAM-371-010-001	Intrusivo félsico	0.00
SAM-373-006-005	Intrusivo félsico	0.00
SAM-365-018-006	Intrusivo félsico	0.00

ID MUESTRA	LITOLOGÍA	PN kg CaCO3/t
	Total, Intrusivo félsico	0.00
SAM-365-058-004	Intrusivo Silicificado	3.50
SAM-376-016-009	Intrusivo Silicificado	0.00
	Total, Intrusivo Silicificado	3.50
SAM-368-030-003	Toba	1.60
SAM-3698-010-007	Toba	6.40
SAM-209-009-008	Toba	82.10
	Total, Toba	90.10

2.2.2.1.8. Balance ácido-base

Considerando primeramente la litología, se tiene:

- **Dos** de las **tres muestras de toba**, no contienen materiales acidificantes; solo en una se detectó y el azufre total con **0.91%,** es decir **9.1 kg/t** o aproximadamente 3 kg si se promedia; la toba arroja un Potencial de Neutralización (**PN**) **de 90.10 kg $CaCO_3$/t**, para un excedente de material neutralizante de **63.03 kg $CaCO_3$/t**.
- Las **4 muestras de intrusivo félsico** claramente indican que el potencial acidificante es despreciable, **dos de ellas no presentan Azufre** y las otras dos en 1 **apenas el 0.03%** y la segunda el **0.08%** entre estas dos últimas aportarían solo **2.97 kg $CaCO_3$/t.**
- Por último, las dos muestras de **intrusivo silicificado**, aportan en conjunto **60.40 kg $CaCO_3$/t** para **PA; solo un 3.50 kg $CaCO_3$/t** para **PN** y un déficit de **-56.90 kg $CaCO_3$/t** para estar en balance.

Al aplicar los pesos específicos de acuerdo con la masa que representan, se observan lo siguiente:

1. La toba y los materiales félsicos representan el **84.26%** del material con que se formará la tepetatera, **no tienen potencial de generar drenaje ácido de roca**, debido a que:
    - **4 de las 7** muestras **no presentan azufre total** y si aportan **44.25 kg $CaCO_3$/t cada una o 88.50 kg $CaCO_3$/t,** de material para neutralizar. Estas 4 muestras

corresponden a **2 de toba** y **dos de** materiales **félsicos**; es decir el 66.7 de la toba y el 50% de los materiales félsicos muestreados.

- Las dos muestras de materiales félsicos que reportan azufre solo aportan un total de **0.09% de sulfuros**; lo que equivale a **900 gramos** por cada tonelada de tepetate; es decir **el otro 50% de los materiales félsicos** muestreados.
- La muestra de toba que reporta azufre contiene 0.87% de sulfuros, lo que representaría una cantidad considerable ya que el **PA= 27.07 kg $CaCO_3$/t**; sin embargo, esa misma muestra contiene un **PN= 1.60 kg $CaCO_3$/t**, para una relación de **-25.47 kg $CaCO_3$/t**, es decir es la cantidad de material que se requiere para neutralizar. Sin embargo, las muestras de toba compositadas, mantienen una relación de **PN/PA de 3.33**; al sumar los materiales félsicos la relación, se mantiene en **3**, por lo que de acuerdo con el "**Cuadro 3. Límites para determinar la peligrosidad por el potencial de generación de drenaje ácido**" dentro de la clasificación, debería asumirse como "**No generará drenaje ácido**" y en el criterio de Peligrosidad "**No Peligroso**".

2. El **intrusivo silicificado**, aporta cantidades importantes de azufre total y como sulfuros y muy bajos valores de neutralización. Al compositarlo con el resto de las litologías, **baja la relación PN/PA hasta 1.2**, aunque no debería considerarse peligroso, la norma indica **"En este caso, el generador podrá optar por realizar la prueba estándar de laboratorio sobre intemperización de materiales sólidos utilizando una celda húmeda, para determinar que el residuo no es peligroso"**.

f) Conclusiones de la caracterización del tepetate

Por lo antes comentado se concluye:

1. La caracterización realizada **no constituye un estudio geoquímico** debido al número de muestras, la distribución y las litologías consideradas y debe asumirse como un análisis que permite el conocimiento parcial del comportamiento de algunas litologías superficiales oxidadas y fuertemente oxidadas.

2. Los datos que aporta la caracterización permiten inferir, que el material formador de la base de la tepetatera **contendrá materiales neutralizantes suficientes para evitar que se llegue a generar un efluente ácido**; sin embargo, posterior al año 3 del minado, la cinética de los residuos puede cambiar.

3. Aún en profundidad, los materiales acidificantes no sustentan concentraciones de riesgo, además el clima tiende a ser seco, situaciones que explican el porqué, **varios depósitos de residuos mineros** localizados en la ciudad de Guanajuato, conformados en gran parte con materiales de las menas que hoy conforman el depósito, no se han oxidado (como ejemplo las presas abandonadas de lo que fue la cooperativa comentada en los antecedentes).

4. La implementación de un **Plan de Manejo** para los residuos mineros, considerando todas y cada una de las Especificaciones contenidas en la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, ayudaría al conocimiento y manejo del residuo; sin dejar a un lado pruebas dinámicas instrumentadas durante la operación.

2.2.2.2. Caracterización del sitio

La Especificación de Protección Ambiental "**5.3. Caracterización del sitio**", contenida en la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, de manera textual señala "*con el propósito de identificar las características del sitio donde se prevé ubicar el sistema de lixiviación, se deben llevar a cabo estudios que permitan identificar los elementos del ambiente presentes, así como aquellos que sean susceptibles de afectación por los impactos generados por la operación del sistema. La caracterización del sitio debe contemplar los siguientes estudios e indicar las fuentes de referencia y considerarlos en el proyecto*".

En ese sentido, la Norma especifica los aspectos del medio natural a estudiar, **a fin de prever desde el proyecto del sistema de lixiviación**, las medidas necesarias **que minimicen los posibles riesgos derivados de derrames o fugas, por la falla parcial o total del patio**; para el fin, establece la obligación de determinar la probable intensidad relativa de riesgo geotécnico e hidráulico con base en las condiciones topográficas, hidrológicas y sísmicas, del sitio y "**asegurar la estabilidad de la obra durante el proyecto, construcción y operación del patio**" (SEMARNAT,2010).

Por ello, en los apartados siguientes, **se presentan los estudios previos al diseño del sistema de lixiviación**, realizados para cumplir con la **Especificación de Protección Ambiental 5.3** en lo relativo a las condiciones topográficas, hidrológicas y sísmicas y, paralelamente, **asegurar desde el proyecto las acciones de ingeniería requeridas para minimizar los posibles riesgos derivados de derrames o fugas por fallas en las estructuras**.

2.2.2.2.1. Aspectos climáticos (relacionados con la hidrología)

A solicitud de la empresa promovente, **Golder Associates Inc.** se encargó de elaborar el diseño de ingeniería del Patio de Lixiviación y la Tepetatera, ver anexo 08-03, 08-04, 08-05, 0806, 08-07a y 08-07b la promovente llevó a cabo el estudio denominado "**Caracterización climatológica del sitio del Proyecto Minero Cerro del Gallo**" (PHCA, Gómez, J, 2014) a fin cumplir con lo requerido en el numeral "**5.3.1. Aspectos climáticos**" de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, con la finalidad fin de asegurar la integración en el diseño del patio y la planta, aquellos aspectos de ingeniería **necesarios para prevenir daños al sistema de lixiviación**, que pudiesen **derivarse de factores climatológicos extremos** y resulten en una carga hidráulica anormal en las pilas, por la cual se **presente la ruptura del recubrimiento impermeable** o bien que durante la operación, se tenga **el riesgo de excedencias que resulten en derrames fuera del área recubierta prevista para el sistema de lixiviación**.

El estudio se presenta en el **Capítulo IV** y la información solicitada por la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, se detalla a continuación, sin considerar la numeración de la Norma:

El Proyecto se encuentra dentro de la **RH-12 "Lerma Santiago"**, la **RH 12** está conformada por **6 Subregiones Hidrológicas**, y **el Proyecto está dentro de la Subregión Hidrológica "La Laja**". La precipitación media mensual y anual, así como sus valores máximos y mínimos, se presenta en la tabla siguiente:

Tabla II. 27. Precipitación media y valores máximos

Mes	Precipitación Media	Año más húmedo	Año más seco
Ene	15.00	9.00	0.00
Feb	11.80	0.00	0.00
Mar	8.40	28.00	3.00
Abr	10.80	9.00	0.00
May	33.80	196.50	0.00
Jun	99.60	393.50	0.00
Jul	138.10	34.00	11.00
Ago	108.90	191.00	89.00
Sep	102.80	231.00	12.00
Oct	37.10	36.50	0.00
Nov	10.30	17.00	0.00
Dic	9.60	6.10	0.00
Anual	**586.20**	**1,151.60**	**115.00**

Los niveles de evaporación se presentan en la tabla siguiente:

Tabla II. 28. Niveles de evaporación en el sitio del proyecto

Mes	Estación climatológica			Sitio del proyecto	% Respecto a la anual
	11011	11017	11051	(Promedio)	
Ene	98.00	87.00	115.90	100.30	5.9
Feb	124.50	100.40	143.50	122.80	7.2
Mar	195.50	144.80	212.90	184.40	10.8
Abr	214.50	163.00	225.20	200.90	11.8
May	215.90	170.50	228.60	205.00	12
Jun	174.10	147.80	196.00	172.60	10.1
Jul	147.30	129.20	172.80	149.80	8.8

Mes	Estación climatológica			Sitio del proyecto	% Respecto a la anual
	11011	11017	11051	(Promedio)	
Ago	137.10	124.80	161.80	141.20	8.3
Sep	116.10	103.00	139.20	119.40	7
Oct	108.10	101.10	133.40	114.20	6.7
Nov	95.30	87.90	115.60	99.60	5.9
Dic	86.30	83.40	104.60	91.50	5.4
Anual	**1,712.70**	**1,442.90**	**1,949.70**	**1,701.80**	**100**

Las tormentas de diseño, **para los periodos de retorno de 2 a 10,000 años**, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla II. 29. Tormentas de diseño calculadas para el sitio del proyecto

Tr	Doble Gumbel
10000	174.40
5000	165.00
2000	152.60
1000	143.10
500	133.70
200	121.20
100	**111.80**
50	102.20
20	89.40
10	79.30
5	68.30
2	48.70

Dentro de la especificación **5.3.1. Aspectos climáticos**, la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, establece (**5.3.1.2.**) que "*El sitio seleccionado debe describirse de acuerdo con la Clasificación Topográfica en la República Mexicana, incluida como Cuadro 2 de la presente Norma*".

El Cuadro 2 referido, es la base para determinar el tipo de terreno en relación con la topografía prevaleciente en el mismo (montañoso, de lomerío o plano); para el fin considera el valor "**k**" como el cateto adyacente de un triángulo rectángulo dividido en valores del **0 al 20** y la inclinación del talud en grados (**α**) o el valor "**m**" que se determina a través de la tangente del ángulo (**Tan α**), para definir **las curvas por cuyos valores**

se infiere el talud del terreno. Para determinar la topografía del sitio, el Cuadro 2 relaciona el valor obtenido de la relación entre **k** - **α** - **Tan α**.

Previo a la preparación del diseño, se calculó la relación señalada para establecer el tipo de terreno; para el fin se generó un el modelo digital de elevación y posteriormente un "**plano de pendientes**" del sitio propuesto para el patio, se calculó la pendiente media en **α**, resultando un valor de **4.03º** cuya tangente (**Tan α**) es igual a **0.07045**, al comparar ambos valores con "**k**", resulta en aproximadamente **15**, por lo cual el sitio desde el punto de vista topográfico, **debe considerarse como terreno plano**. En el Capítulo IV se describe con detalle la geomorfología del lugar y en el en Plano siguiente se presentan las pendientes generadas mediante el modelo digital de elevación.

Por último, dentro de los aspectos climáticos, la Norma establece en el numeral "*5.3.1.4. Los tipos climáticos serán determinados con base en las cartas temáticas de clima del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:1 000 000…"*.

En el **Capítulo IV**, se presenta la determinación del clima considerando la metodología propuesta por **Köppen**, modificada por la **Maestra Enriqueta García de Miranda** para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana, así mismo se realiza el comparativo con el tipo de clima contenido en la Carta escala 1:1'000,000 editada por el **INEGI**.

De acuerdo al **INEGI**, en el sitio del proyecto predomina un clima **BS1kw (w)**, que literalmente se describe como "**Semiseco templado con verano cálido, régimen de lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal menor de 5%**".

2.2.2.2.2. Aspectos edafológicos

En el **Capítulo IV de la MIA-R**, se incluye íntegro el **estudio de los suelos del SAR**; así mismo de manera particular se especifican las Unidades Edafológicas predominantes en el sitio que ocuparán las obras y actividades del proyecto.

Las Unidades Edafológicas predominantes, corresponden a **Leptosol** y **Luvisol**. En el estudio igualmente se señalan los niveles de erosión actuales y potenciales y en el **Capítulo VI**, se presentan las medidas de prevención y mitigación de los impactos hacia el recurso, considerando aquellas para la erosión del recurso.

2.2.2.2.3. Aspectos geotécnicos

Este aspecto se encuentra normado exclusivamente para la plataforma del patio de lixiviación. La **NOM-155-SEMARNAT-2007**, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, en la Especificación de Protección Ambiental **5.3.3.2** indica textualmente la obligación de "*obtener los perfiles estratigráficos del terreno de cimentación, haciendo resaltar la variación de la resistencia relativa, la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos, así como la clasificación de los suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (véase Anexo Normativo 2), y realizar pruebas in situ de permeabilidad, porosidad, compresibilidad y resistencia al corte"*.

2.2.2.2.3.1. Pruebas geotécnicas

La Promovente contrató a la empresa **Golder Associates Inc.**, para que formulara el diseño del Patio de Lixiviación. En el diseño de ingeniería preparado por la empresa, incluyó la investigación geotécnica de campo. En ese sentido, a partir de 2011, se realizaron tres investigaciones geotécnicas de la superficie en el sitio Cerro del Gallo para apoyar diversos estudios técnicos. Estas investigaciones incluyen las siguientes obras.

2011: Empresa Knight Piésold

- Se excavaron 34 pozos de prueba (TP-01 hastaTP-39)
- Se perforaron 4 barrenos (BH-01, BH-02, BH-03, y BH-05)
- 8 pruebas de escarificación

2013: Empresa Knight Piésold (KP, 2013).

- Se excavaron 40 pozos de prueba (KPTP-01 hasta KPTP-40)
- Se perforaron 11 barrenos (KPBH-01 hasta KPBH-08, KPBH-08A, KPBH-09, y KPBH-10)

2014: Empresa Golder Associates:

- Excavaron 15 pozos de prueba (TP-55 hasta TP-70)

2.2.2.2.3.2. Pruebas de laboratorio mecánica de suelos

Se obtuvieron muestras representativas de los materiales de la subsuperficie de los pozos de prueba, los barrenos y muestras a granel de cerca de la superficie. Se analizaron las muestras seleccionadas entre 2012 y 2014 para determinar las propiedades críticas de ingeniería de los materiales encontrados. Las muestras fueron enviados a dos laboratorios; un laboratorio de pruebas independiente, **Segeomex** en San Luis, Potosí, o al laboratorio de **Golder** in Houston, Texas. Las pruebas geotécnicas de laboratorio incluyeron lo siguiente:

- Determinación del contenido de agua natural (ASTM D2216)
- Determinación de límites Atterberg (ASTM D4318)
- Análisis de distribución de tamaño de partícula (ASTM D422/C136)
- Relación humedad-densidad [compactación Proctor Estándar] (ASTM D698)
- Relación humedad-densidad [compactación Proctor modificada] (ASTM D1557)
- Prueba de resistencia a la compresión no confinada (UCS por sus siglas en inglés) de roca (ASTM D2938/7012)
- Prueba de resistencia a la compresión no confinada con la medida del módulo de Young (ASTM D3148)
- Análisis de dispersión de Emerson (ASTM D4229)
- Permeabilidad triaxial de pared flexible en suelos remodelados (ASTM D5084 Método F)
- Pruebas de índice de carga punto (ASTM D5731)
- Pruebas de abrasión de Los Ángeles (ASTM C131)

- Pruebas de permeabilidad de Etapa de carga.

Los concentrados de los resultados de las pruebas del laboratorio se presentan en los **Anexos**, al igual que algunas fotografías y hojas de campo utilizadas.

2.2.2.2.3.3. Clasificación de los suelos en la cimentación

Golder en el reporte del diseño de ingeniería, describe las características de los suelos encontrados en las exploraciones de acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio, donde se utilizaron los procedimientos de clasificación **ASTM** (ASTM D2487 y D2488) con el apoyo de la distribución granulométrica y los límites de prueba Atterberg, señalando lo siguiente:

Las condiciones geotécnicas en el sitio del patio son relativamente uniformes y **consisten en una secuencia de suelos poco profundos que cubren el lecho de roca**. Donde se expone, el lecho de roca se ajusta de manera uniforme a la superficie del suelo y hay pocos afloramientos que se extienden por encima de la superficie del suelo. El suelo es estable y no hay signos de inestabilidad o deslizamientos de tierra, y **Golder observó ningún signo de fallamiento reciente**. El riesgo de licuefacción de suelo en depósitos es insignificante debido a la naturaleza de los depósitos de suelo denso y seco.

Estas condiciones están bien adaptadas para proporcionar soporte seguro y estable para el diseño propuesto.

La secuencia geotécnica con la profundidad se compone de:

- Capa vegetal
- Suelos coluviales y aluviones
- Suelos residuales
- Lecho de roca altamente a moderadamente erosionado

La cobertura del suelo sobre el lecho de roca altamente a moderadamente erosionado era típicamente de entre 0.2 metros y 0.5 metros de profundidad, pero se extendió a una profundidad de hasta 5 metros por las pendientes del valle. El lecho de roca se expuso en la base de la mayoría de los drenajes donde se habían erosionado los suelos.

- **Una capa vegetal superficial** tiene un promedio de unos 0.1 a 0.2 metros de espesor. En general, la capa vegetal consistió de arena limosa a arena arcillosa seca, con fracciones menores de limo y arcilla magra y cantidades variadas de grava fina a gravas angulares gruesas. El suelo era generalmente de no plástico a baja plasticidad, aunque algunos suelos exhibieron plasticidad moderada, y la capa vegetal se clasifica como suelta a densa mediana y seco. El crecimiento de las raíces y el contenido orgánico era variable a través del sitio debido a la variabilidad en vegetación. Donde había vegetación más densa, la capa vegetal tenía un contenido alto de raíces, y las raíces de las plantas y árboles se extendieron por debajo de la capa vegetal hasta profundidades de un metro o más.

- **Suelos coluviones y aluviones**, la mayoría de las exploraciones se encontró coluvión debajo de la capa vegetal predominantemente en las laderas de los cerros y drenajes, y se encontró aluvión cerca de la base de los drenajes. Se documentó coluvión con un espesor que oscila de entre 0.2 a 0.9 metros, y se observó aluvión en depósitos de profundidades de hasta 5 metros. Se clasificó el coluvión de una manera parecida a la de la capa vegetal como arena limosa a arena arcillosa o grava limosa, con una plasticidad que varía entre no plástico a plástico moderado. La fracción de grava angular a subangular y adoquines incrementó con la profundidad. Debido a la topografía relativamente empinada y con colinas, el aluvión consistió de depósitos de inundaciones y de lavado de pendiente, y se clasifica como arena limosa a arena arcillosa y grava, con fracciones variables de adoquines angulares y cantos.

- **Suelos residuales y lecho de roca altamente erosionados**, se observaron los suelos residuales en la mayoría de las exploraciones, ya sea directamente debajo

de la capa vegetal o debajo de los depósitos de coluvión y aluvión. Su mineralogía y descripciones del suelo fueron variables, que reflejan la roca sedimentaria volcanoclástica subyacente y el lecho de roca de flujo de toba consolidada, así como el grado de meteorización. La capa del suelo residual fue delgada, generalmente de 0.2 metros a 0.4 metros de espesor. Estos suelos fueron caracterizados como mezclas de gravas angulares, arenas, limos, y arcillas, con unos fragmentos angulares ocasionales de tamaño adoquín. La grava y la roca de tamaño adoquín fueron típicamente esquisto degradado y fragmentos de limolita parecidos al lecho de roca subyacente. Por las crestas, estos suelos fueron degradados más extensamente para contener una fracción más alta de finos plásticos (arcillas), con clasificaciones de arena de grava y arena arcillosas, y que eran de color café oscuro o café de color rojo. La arena limosa, grava limosa, y arena limosa con grava encontrado por las pendientes de los valles fueron ya sea plástico o tenían una plasticidad baja, y eran de color café mediano. La humedad observada fue variablemente de seco a húmedo.

Lecho de roca altamente a moderadamente erosionada, se observaron tres tipos de roca asociados con la Formación Esperanza en las cimentaciones del patio. Un depósito sedimentario de limolita y lutita, con depósitos menores de arenisca, dominan el sitio del patio. A pocas profundidades, estos depósitos están altamente fracturados y erosionados, y se vuelven menos fracturados y desgastados con la profundidad. Esta roca estaba en placas cuando era rasgada o excavada, con una dimensión de roca que típicamente oscila de entre 1 a 4 cm, pero ocasionalmente tan grande como 30 cm. Durante la excavación de los pozos de prueba, el rechazo de la retroexcavadora se encontraba típicamente a una profundidad de 2 a 5 metros. Se clasifica la dureza de la roca como de mediana a alta dureza, y el color se describe como variablemente de naranja, amarillo, crema, gris y verde.

2.2.2.2.4. Sismicidad

Estos aspectos se encuentran tratados a profundidad en el **Estudio de Riesgo**, que se anexa a la presente **MIA-R**. Así mismo en el presente capítulo se desarrollarán las características de las obras en cuanto a la estabilidad por riesgo sísmico.

Considerando la "**Figura 3. Regiones sísmicas en la República Mexicana**" contenida en la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, el sitio del proyecto se localiza en la **Región B**, considerada como **penesísmica**; definida como "*aquella donde se presentan sismos poco frecuentes*" (SEMARNAT, 2004) o bien aquella donde se presentan "*sismos de menor frecuencia, aceleración del terreno <70% de gravedad*; *peligro sísmico bajo; Factor s 0.14*" (CEPRAPED, 2014).

Golder Associates Inc.; encargada de desarrollar el diseño de ingeniería para las obras del patio de lixiviación y la tepetatera, incluye en el análisis de estabilidad, valores para aceleraciones por sismo; dichos valores provienen del estudio denominado **Seismic Hazard Assessment** preparado por la empresa **Knight Piésold Pty Limited (KP, 2013)**. El estudio se presenta en el **Capítulo IV**, pero en la descripción de las obras se hará referencia al mismo.

2.2.2.2.5. Aspectos hidrológicos

Al respecto la Norma solicita diversos estudios a fin de comprobar que el sistema de lixiviación no representa un riesgo para los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos existentes, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación; dividiéndolos en los dos rubros siguientes:

2.2.2.2.5.1. Hidrología superficial

Para la hidrología superficial, se solicita:

- **Delimitar la subcuenca hidrológica donde se instalará el sistema de lixiviación**. En el **Capítulo IV** de la presente **MIA-R**, se realiza un análisis pormenorizado de la ubicación del proyecto con respecto a la regionalización

establecida por la Comisión Nacional del Agua, detallando las características de la **Subcuenca (a) R. Laja-Peñuelitas** donde se localiza el proyecto, inserta en la **Cuenca (H) Río Laja** de la Región Hidrológica **RH12 Lerma-Santiago.**

- **Determinar el volumen medio anual del escurrimiento superficial aguas arriba del patio**, conforme a la **NOM-011-CNA-2000** e identificar las áreas susceptibles de inundación. Al respecto, **Golder**, previo a la elaboración del diseño de ingeniería para el patio de lixiviación y la tepetatera (Golder, 2014), ***desarrolló estudios detallados para determinar las áreas susceptibles de inundación***, considerando el modelo de lluvia escurrimiento detallado en la **NOM-011-CNA-2000** (hoy NOM-011-CONAGUA-2015), el reporte se presenta en el **Anexo No. II.5**.

- Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, aguas arriba y aguas abajo, con base en los parámetros físicos y químicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y aquellos metales y compuestos químicos no señalados en dichas Tablas, representativos del proceso. Las técnicas de muestreo de cuerpos de agua podrán ser la **NMX-AA-014-1980** o la NMX en la materia vigente, o las normas ISO 5667-6:2005 e ISO 5667-3:2003. Se tomarán al menos dos muestras de agua, una en la época de estiaje y otra en la de lluvia. Al respecto en el mismo **Capítulo IV**, se presenta anexo un estudio para caracterizar el agua superficial del sitio.

2.2.2.2.5.2. Hidrología subterránea

Para la hidrología subterránea se solicita que en el sitio seleccionado para la construcción del sistema de lixiviación se debe:

- **Evaluar la vulnerabilidad del acuífero de acuerdo con el Anexo Normativo 2 de la NOM-141-SEMARNAT-2003**. Al respecto, se realizó la evaluación mediante el método solicitado en el NOM 141 (**GOD**) y adicionalmente, por el denominados **DRASTIC**; el reporte se usó en el Estudio de Riesgo Ambiental Anexo a la **MIA-**

R, pero igualmente se presenta en el **Capítulo IV**, en resumen, el acuífero no es vulnerable.

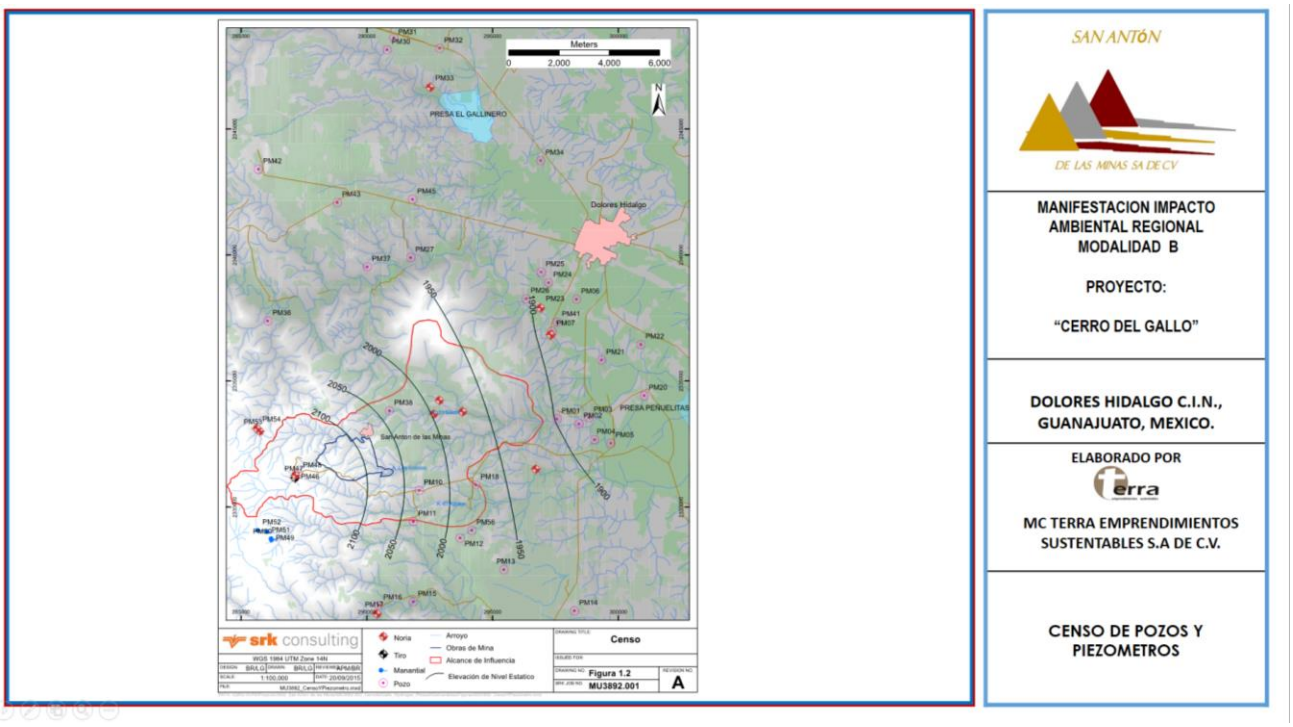
- Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 1 000 m alrededor de los límites del sistema de lixiviación, indicando su ubicación en coordenadas geográficas, las características constructivas y el uso del agua. Al respecto, la promovente realizó un censo de los aprovechamientos localizados en el **SAR** y sus características destacando:
  Se realizó un censo de pozos alrededor de la mina, durante los meses de octubre y noviembre del 2013, enfocado a determinar los sitios que son adecuados para el monitoreo de agua subterránea y permitir obtener datos para la caracterización de la calidad del agua. En el área que rodea al proyecto, se encontró que la mayor parte de los pozos son operados para irrigación y uso doméstico. Existen escasos pozos destinados al abastecimiento municipal.

  El inventario de captaciones realizado incluye 38 pozos profundos; 13 norias excavadas; 4 manantiales y un tiro abandonado de la mina antigua San Antón de las Minas, haciendo un total de 56 obras censadas. De los 38 pozos profundos censados, cabe mencionar que 3 de ellos en construcción durante la etapa que se realizó el censo de aprovechamientos. *Algunas observaciones importantes sobre las características de los pozos censados son las siguientes*:
  - Las profundidades declaradas para norias varían entre 2 y 45 m; para los pozos, la profundidad varía entre 95 y 380 m.
  - Existen 2 pozos en construcción que no se encuentran equipados aún.
  - El 50% de los pozos tiene una descarga de la bomba igual a 3 pulgadas, 40% restante tienen descarga de 6 u 8 pulgadas de diámetro. Con base en las dimensiones registradas para las descargas de pozos y norias, se estima que los caudales de extracción varían entre 9 y 50 lps.

En el siguiente plano, se presenta de manera georreferenciada, el censo de los pozos en el área de influencia del proyecto.

Efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa en cuanto a cianuros, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc, así como con respecto a los parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de las obras del sistema de lixiviación. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo semestral en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a las obras del sistema de lixiviación. Para ello, se tomarán al menos dos muestras de agua subterránea, una en aguas arriba y la otra agua abajo del sitio seleccionado. Al respecto, en **el Capítulo IV se anexa el estudio de caracterización del agua subterránea**

Figura II. 7. Censo de pozos y piezómetros en el SAR



2.2.2.2.6. Vida Silvestre

Para este componente del sistema ambiental, la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, solicita información en las siguientes **Especificaciones de Protección Ambiental**:

5.3.5.1. *El sitio seleccionado debe corresponder a un área no clasificada como hábitat crítico de acuerdo con lo establecido por la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.*

Al respecto, la citada Ley, en el **Artículo 63** expone:

> "*La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de interés público.*
>
> *Los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para la supervivencia de especies en categoría de riesgo, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones, y que por tanto requieren manejo y protección especial. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración.*
>
> *La Secretaría podrá establecer, mediante acuerdo Secretarial, hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre, …*".

En ese sentido, **en el predio** donde se llevará a cabo el proyecto, **no existen acuerdos entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y San Antón de Las Minas S.A. de C.V. o sus antiguos propietarios**, el desarrollo de medidas especiales de manejo, mitigación de impactos y conservación, **aplicables cuando existan hábitats críticos**: por consecuencia el proyecto se ubica fuera de áreas clasificadas como hábitat crítico.

5.3.5.2. *Se debe identificar la presencia en el sitio de especies de la vida silvestre que se encuentren en alguna categoría de riesgo, de conformidad con lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2001* (hoy NOM-059-SEMARNAT-2010).

5.3.5.3. *Se deben determinar los tipos de vegetación que serán afectados, especificando la superficie por cada tipo de vegetación, así como la densidad y abundancia relativa por especie con nombres comunes y científicos*.

5.3.5.4. *Los tipos de vegetación deben ser determinados de acuerdo con la clasificación de la vegetación y uso de suelo del INEGI, que estará a disposición de los interesados en las delegaciones federales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los Estados (Uso de Suelo y Vegetación Serie III, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2005)*.

Las tres especificaciones se cubren ampliamente en el Capítulo IV; para el caso particular de la especificación **5.3.5.3.**, adicionalmente en el apartado **Dimensiones del proyecto**, se especifican las asociaciones vegetales a afectar.

2.2.3. Representación gráfica regional

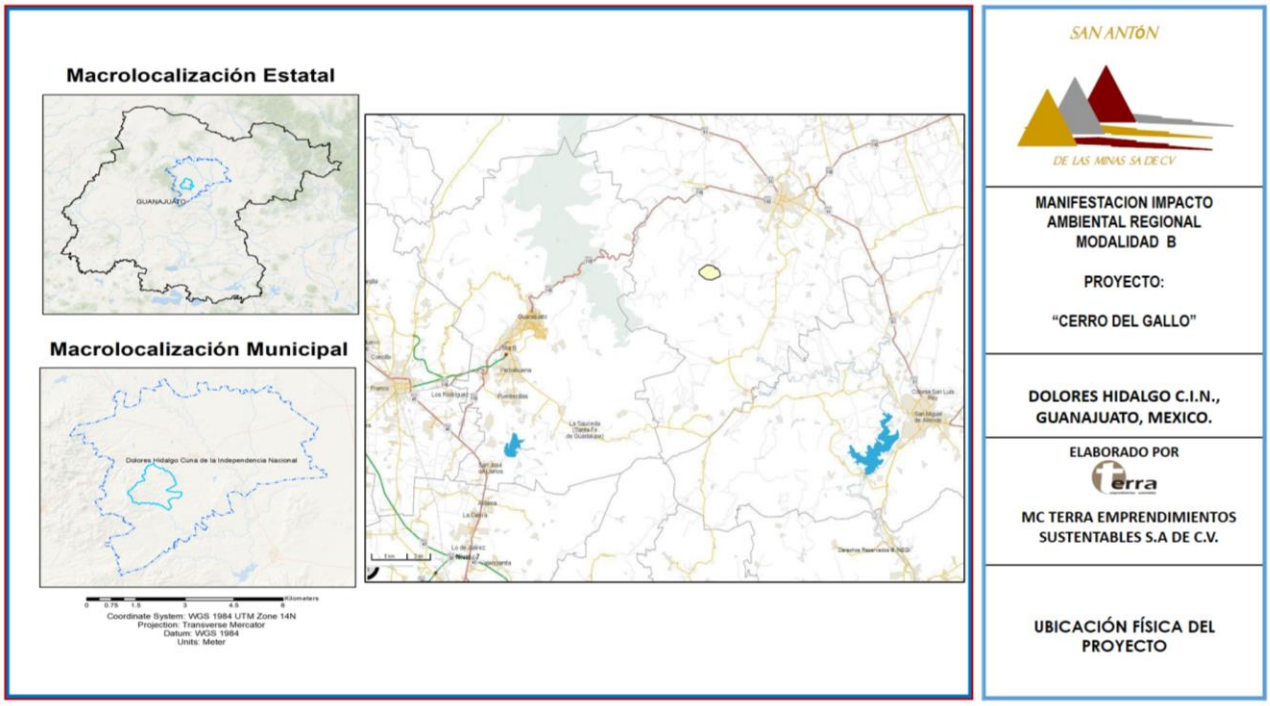
El pretendido proyecto se localiza en el contexto territorial del municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, en el estado mexicano de Guanajuato. De manera específica, se localiza en dirección Suroeste de la cabecera municipal (Dolores Hidalgo), cercano a las Poblaciones de San Antón de las Minas y San Isidro del Sisote, en las coordenadas geográficas 21°04”28” latitud Norte y 101°01”38” longitud Oeste, con referencia en la elevación denominada Cerro del Gallo.

Tomando como origen la Ciudad de Dolores Hidalgo, cabecera municipal, el proyecto se localiza hacia el suroeste, a aproximadamente 13.5 km en línea recta. Para acceder al proyecto partiendo de la cabecera municipal, se recorre un total de 22.6 km; los primeros 10 km, en dirección Sur por la carretera pavimentada 110, para posteriormente virar

hacia la derecha e integrarse a un camino de terracería con rumbo a la población de San Antón de las Minas y de ahí llegar a la elevación.

Para acceder al proyecto, partiendo de la ciudad de Guanajuato, Capital del Estado, se recorren aproximadamente 53.8 km. Se transita al NE por la carretera federal No. 110 en un tramo de aproximadamente 39.8 km hasta el entronque de la citada vía y el camino de terracería que comunica a San Antón de Las Minas; se vira al Sur en un tramo de aproximadamente 14 km sobre el camino de terracería para llegar al proyecto.

Figura II. 8. Macro localización del proyecto



2.2.4. Representación gráfica local

Como se ha comentado, el proyecto pretende la explotación y beneficio de minerales metálicos con contenidos o leyes de Oro, Plata y Cobre. Para el fin se requiere, desarrollar infraestructura para el minado mediante un Tajo o mina a cielo abierto; para la disposición de los residuos de minado; para el beneficio de los minerales a través de

un Sistema de Lixiviación de minerales de oro y plata, conformado por un patio de lixiviación y una planta de recuperación.

A fin de que el proyecto pueda ser construido y operado, se requiere infraestructura para servicios, tales como energía eléctrica, agua y caminos de acceso y adicionalmente infraestructura de apoyo, consistente en oficinas, talleres, almacenes, etc.

Las obras que por sus características particulares pueden generar efectos adversos de importancia en el SAR, son (en orden de importancia.

1. **La plataforma de lixiviación**, conformado por la plataforma para lixiviación, los canales para la colocación de tuberías para el transporte de soluciones y las piletas de recuperación. Es una superficie de aproximadamente **130.37 ha** en donde se manejarán los mayores volúmenes de soluciones conteniendo CN.

2. **El depósito superficial de tepetate**, también llamado tepetatera, mantiene importancia en cuanto al nivel de impacto, pues, en el caso de que se generaran efluentes ácidos, éstos mantendrían un potencial de daño importante.

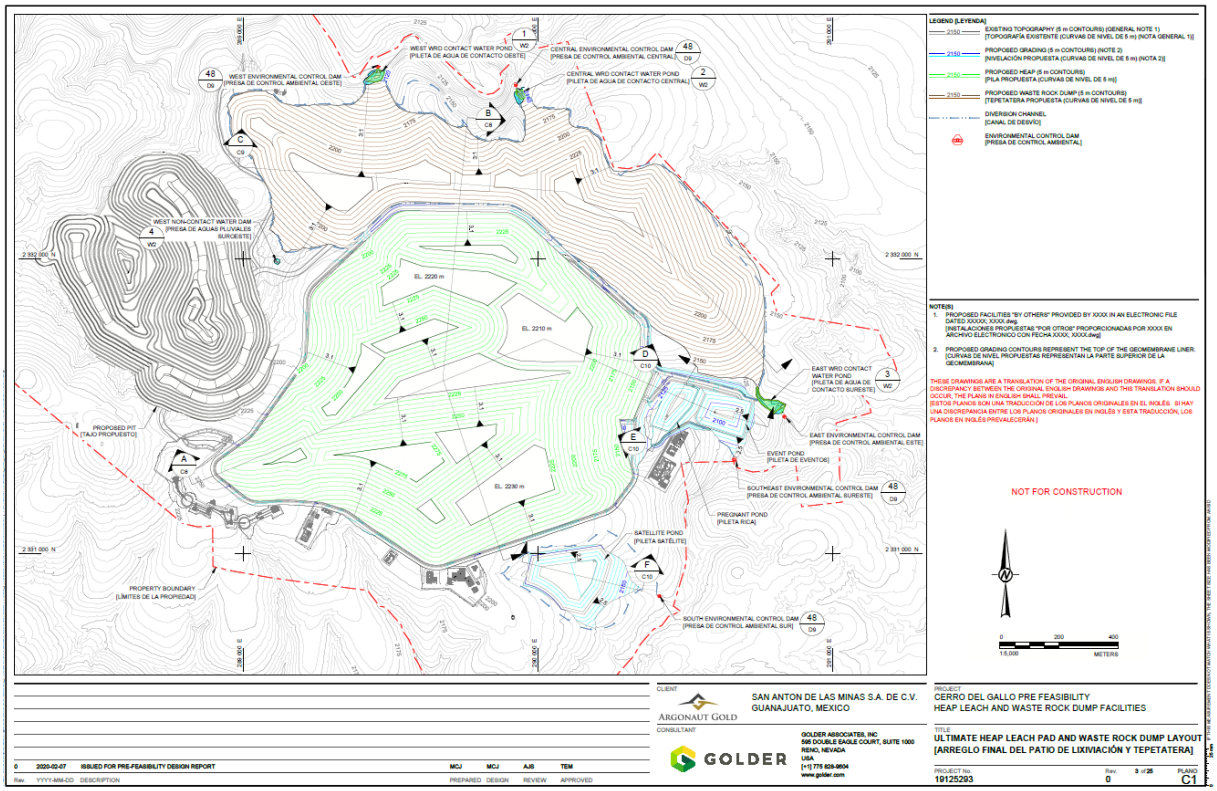
3. **La planta de recuperación. -** En ella se desarrollarán dos procesos con reacciones químicas inherentes al CN, adicionalmente algunos equipos operarán a presiones y temperaturas mayores a las atmosféricas, lo cual genera un potencial de daño al entorno laboral y ambiental.

4. **La mina a cielo abierto o tajo. -** Consistirá en una depresión formada mediante bancos y su importancia en cuanto al daño posible, consiste también en la generación de drenaje ácido,

El patio de lixiviación, la tepetatera y el tajo, son obras que quedarán en el sitio posterior al cierre, por lo que deben considerase obras residuales que generan impactos de la

misma índole. En el siguiente plano, se presenta el conjunto del proyecto, resaltando las citadas obras.

Figura II. 9. Arreglo del proyecto con las obras de mayor superficie localmente



2.2.5. Preparación del sitio y construcción

Por la naturaleza del **Proyecto "Cerro del Gallo"**, la preparación del sitio conlleva **primeramente actividades de desmonte, despalme y nivelación**, a fin de preparar las rutas para el acceso de maquinaria pesada, hacia los sitios donde posteriormente se construirán las obras. Una vez construidos los accesos, las actividades a desarrollar en esta etapa variarán de acuerdo con el tipo de infraestructura que pretenda construirse.

La construcción, incluye el desarrollo de los diseños de ingeniería, elaborados con base en los estudios previos; es una etapa fundamental, pues como lo menciona la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, *los principales problemas ambientales de la operación de un sistema de lixiviación se asocian con el potencial de generación de drenaje ácido y la movilidad de metales del mineral lixiviado, así como por la pérdida de estabilidad del sistema*. *A nivel internacional* ***son reconocidos los efectos ambientales que se pueden generar debido al inadecuado manejo de este tipo de sistemas de beneficio de minerales***. *Los* ***impactos ambientales pueden ser significativamente minimizados a través de la aplicación de las mejores tecnologías ambientales que permitan el adecuado diseño, construcción, operación*** *y eliminación de toxicidad de las instalaciones; así como de prácticas para el cierre definitivo y la restauración de este tipo de operaciones* (SEMARNAT, 2010, págs. 12 DOF, 3 NOM).

En ese tenor a continuación se describen las acciones encaminadas a preparar el sitio y construir la infraestructura del proyecto.

2.2.5.1. Preparación del sitio

2.2.5.1.1. Desmonte

Ésta actividad consiste en el retiro de la vegetación existente en los sitios donde se edificarán las obras; para el caso de la vegetación leñosa **ubicada principalmente en el tajo y el sitio de la tepetatera** (*ver Figura II.10*), se utilizarán motosierras y hachas; el material resultante que pueda ser utilizado por los pobladores para postes de cerco u

otras actividades, le será entregado; las ramas se utilizarán para las obras de control de erosión, las ramillas y hojas, se integrarán al suelo que será recuperado en las actividades de despalme. Para el resto de los sitios que cuenten con vegetación leñosa, se proseguirá con dicho procedimiento.

Figura II. 10. Tipo de vegetación en el tajo y tepetatera

Para el caso del patio de lixiviación y demás sitios con pastizales; el suelo se removerá juntamente con la vegetación existente (principalmente pastos), tal como se observa en la siguiente figura:

Figura II. 11. Sitio del patio de lixiviación

Previo a la actividad, **se identificarán las especies las especies biológicas de especial interés susceptibles de trasplante, y aquéllas con algún tipo de valor regional o biológico**.

A fin de cumplir con el apartado de la **NOM-155-SEMARNAT-2007** "*5.5. Criterios de preparación del sitio*", se prevé la implementación de un **programa de rescate los individuos de las especies biológicas de especial interés**, por encontrarse listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Para el caso de las especies de fauna contenidas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, se ahuyentarán y aquellas de lento desplazamiento se rescatarán y liberarán en sitios cuyas condiciones ambientales sean similares al del rescate.

La superficie que será sujeta a desmonte o bien que por su ocupación sufrirá daños la vegetación forestal, equivale a **1,680,195.66 m2 o 168.02 ha** que equivalen al **43.61%** de la superficie total de las obras. En este porcentaje se incluyen las áreas en donde no se pretende desmontar, pero que, por los movimientos de la maquinaria durante la preparación del sitio y construcción, la vegetación puede dañarse (áreas de maniobras, protección y amortiguamiento).

Para el caso del **Proyecto de Cerro del Gallo**, el desmonte **se llevará a cabo de forma gradual** durante los primeros 14 años, toda vez que, tanto el tajo, la tepetatera y los patios su superficie se estará incrementando conforme avance el proyecto, para asegurar el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas; prevé varias etapas de desmonte diferenciadas en años (*ver Programa de Trabajo*). El material vegetal producto del desmonte, proveniente de individuos de especies herbáceas y arbustivas no rescatables, se picará e incorporará al suelo almacenado en el **depósito de suelo fértil**, que se ubicará al **SO** de las instalaciones.

2.2.5.1.2. Despalme y excavaciones

Entendiendo por despalme, *la actividad que mediante la cual se eliminan las capas superficiales de terreno natural, que por sus características no sean adecuadas para cimentar o desplantar las estructuras o terraplenes o bien que el material que forma dicha capa no sea el adecuado para utilizarse en la construcción de la obra*, este se realizará en dos etapas:

En la primera, **se recolectará la capa se suelo vegetal o fértil para disponerlo en los depósitos superficiales**; el suelo se colocará directamente sobre la vegetación existente (pastos) y posteriormente se bandeará para conformar monolitos estables, **los cuales se enrocarán con material estéril hasta un tercio de la altura del talud** (a partir de la base) y sobre el suelo se colocará el material producto del desmonte para evitar pérdidas por erosión eólica o pluvial. El recurso se utilizará en las actividades de reforestación o recuperación de la cubierta vegetal durante el cierre.

La segunda etapa del despalme solo se realizará en el patio de lixiviación, tajo, planta de recuperación, infraestructura de servicios y caminos de acarreo de mineral (no se incluirá la tepetatera), profundizará la excavación realizada por el retiro del suelo fértil y el material se utilizará en rellenos de obras. Es muy importante destacar, **que la totalidad de las arcillas que se recuperen por esta actividad**, se utilizarán en mezclas que a su vez servirán para conformar la capa de suelo con baja permeabilidad que será parte del proceso de impermeabilización del patio de lixiviación.

Para la plataforma de lixiviación, bermas y corredores para el transporte de tuberías, **la actividad es selectiva**, porque el desborde debe ser laminar y de carácter superficial a fin de que, el rebaje y corte del terraplén que se destinará a la plantilla de la plataforma del patio de lixiviación **mantenga la especificación indicada en el diseño para la subrasante** y poder colocar las capas que conforman el recubrimiento del tipo compuesto que cubre toda la superficie de la plataforma.

Para el caso de las piletas de soluciones y canales de desvío de agua meteórica, en esta fase **se realizarán las excavaciones a fin de conformar la geometría de las obras**. Las piletas se localizan en suelos aluviales que mantienen profundidades mayores a los 2 m, sin incluir la capa de suelo fértil. Para el despalme **se utilizarán tractores montados en llantas** (primera etapa) y en orugas; el suelo y los materiales producto de la actividad, se cargarán y acarrearán mediante el uso de cargadores y camiones.

2.2.5.1.3. Nivelación del terreno y compactación de terracerías

La **nivelación y compactación del terreno** tiene como finalidad preparar el sitio de las cimentaciones de las obras.

Para el caso de **caminos** (acarreo, acceso y comunicación), **edificaciones** (talleres, almacenes, etc.) y **áreas abiertas que se impermeabilizarán a partir de concreto armado** (planta de recuperación, área para despacho de combustibles, etc.), se realizarán cortes y rellenos utilizando el material propio del sitio sobre el terreno

despalmado, posteriormente se compactará mediante equipos con rodillos. La compactación se realizará en ciclos; el terreno será humectando y posteriormente se compactará, repitiendo las acciones hasta lograr el **92% del estándar Proctor** para la planta y **90~91%** para el resto de la infraestructura.

En virtud de la relevancia que la actividad de nivelación y compactación reviste para el patio de lixiviación, **ya que sobre la subrasante preparada**, **se iniciará con la construcción de la base impermeable** de la plataforma (Etapas 1 y 2); de las piletas para el manejo de soluciones y los corredores para colocar la tubería que transportará la solución rica de las pilas a las piletas y la solución para riego; la nivelación y compactación del terreno se apegará a los procedimientos contenidos en el informe de ingeniería denominado "**Reporte de Diseño Básico, instalaciones de lixiviación de mineral y tepetateras Proyecto Cerro del Gallo**" (Golder, 2014) que se presenta en el **Anexo 08-07a.**

De acuerdo con el informe, por razones topográficas y la pendiente requerida pare el drenado de soluciones, posterior a las excavaciones superficiales **se procederá con las nivelaciones en zonas irregulares**, a fin de conformar un terraplén nivelado mediante rellenos estructurales a partir de materiales civiles que provienen de las propias excavaciones. El terraplén conlleva actividades de escarificación, nivelación y compactación **mediante desbordes superficiales laminares de 30 cm** para dar la conformación deseada a la subrasante de la plantilla donde se construirán las distintas Celdas o apilamientos de la **Plataforma de Lixiviación**.

Las actividades de nivelación, relleno y compactación son fundamentales para el terraplén de cimentación donde se colocará **el recubrimiento compuesto**, por ello se nivela con una textura fina, para la colocación adecuada de los medios impermeables que cubrirán la plataforma del patio. La nivelación **es también una condición de la subrasante** para otorgar la **pendiente de diseño a la plataforma de lixiviación y demás estructuras relacionadas con el patio**. La pendiente del terraplén una vez

preparado tendrá valores **máximos del 2%** para favorecer el ingreso de solución rica a las tuberías primarias que descargarán en la pileta de solución rica. Aun cuando se presenta en lo general básicamente un terreno plano, en algunos remates se demanda de la colocación de rellenos estructurales en zonas irregulares por la misma topografía del lugar, **debiendo utilizar los mismos materiales que se generan en las excavaciones**.

Para preparar el sitio donde se pretenden construir las piletas para contención y manejo de las soluciones del proceso, se requerían cortes y rellenos. Al analizar dos secciones (N-S y W-E), se observa que la **pileta para contener solución rica o preñada** se construirá principalmente de cortes en el terreno; y **solo el talud Este**, requerirá de rellenos estructurales; la **pileta para solución intermedia** se conformará prácticamente por rellenos estructurales al igual que la **pileta para emergencias**. Estos rellenos, se colocarán sobre una subrasante preparada (nivelada y compactada) y **el material seleccionado para relleno**, se bandeará en capas de 30 cm como máximo y mediante el uso de rodillos y agua se compactará, hasta alcanzar los criterios de diseño.

En los planos siguientes, se presenta el **Plan de Nivelación** propuesto en el diseño de ingeniería, para las etapas 1 y 2 de la **Plataforma de Lixiviación**, en ellos se observan las pendientes requeridas para el drenado de solución y posteriormente se presentan las secciones N-S y W-E de las piletas de soluciones, donde se observa claramente el uso de rellenos estructurales para la preparación del sitio.

Figura II. 12. Plan de nivelación etapa 1

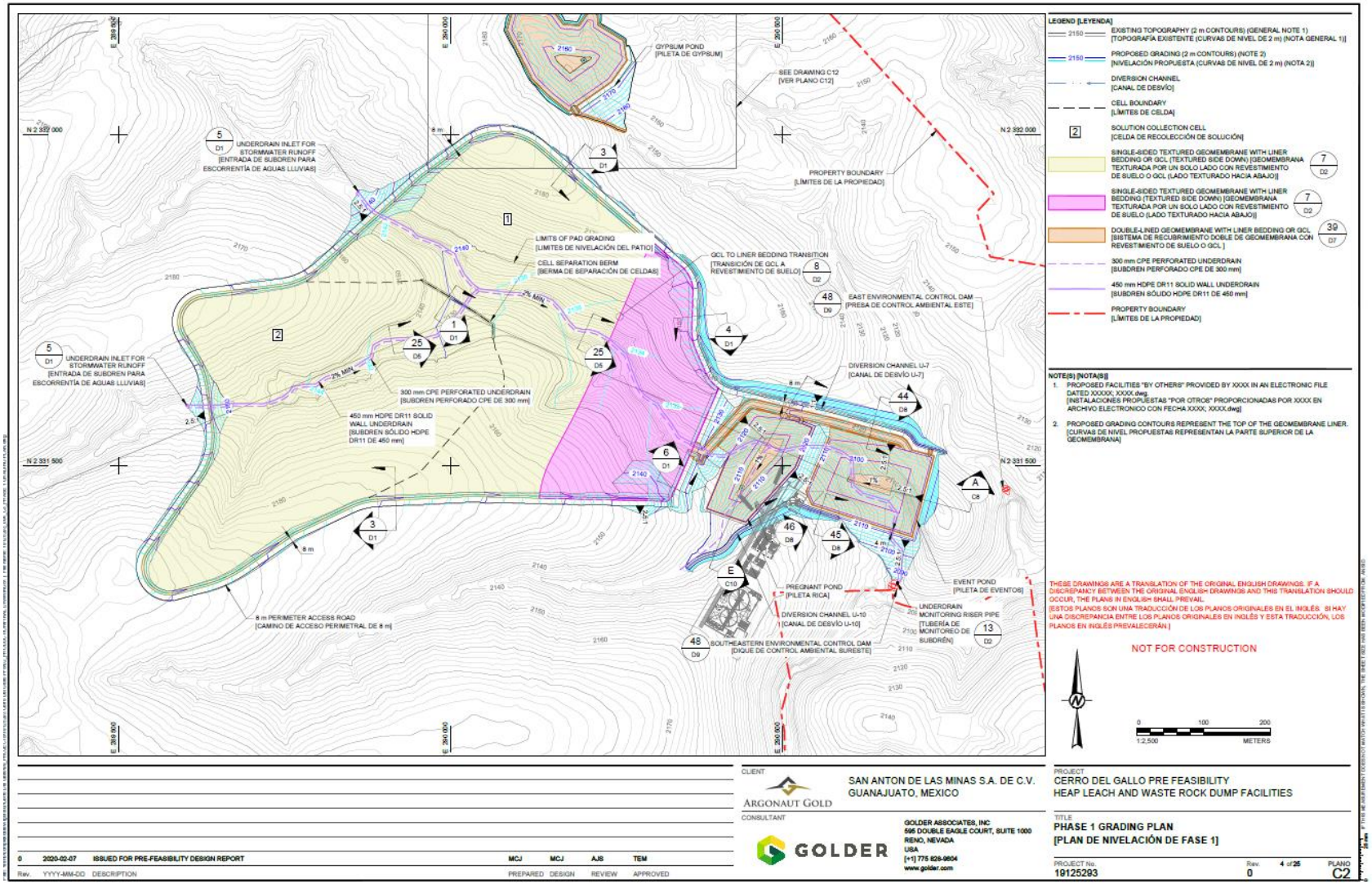


Figura II. 13. Plan de nivelación etapa 2

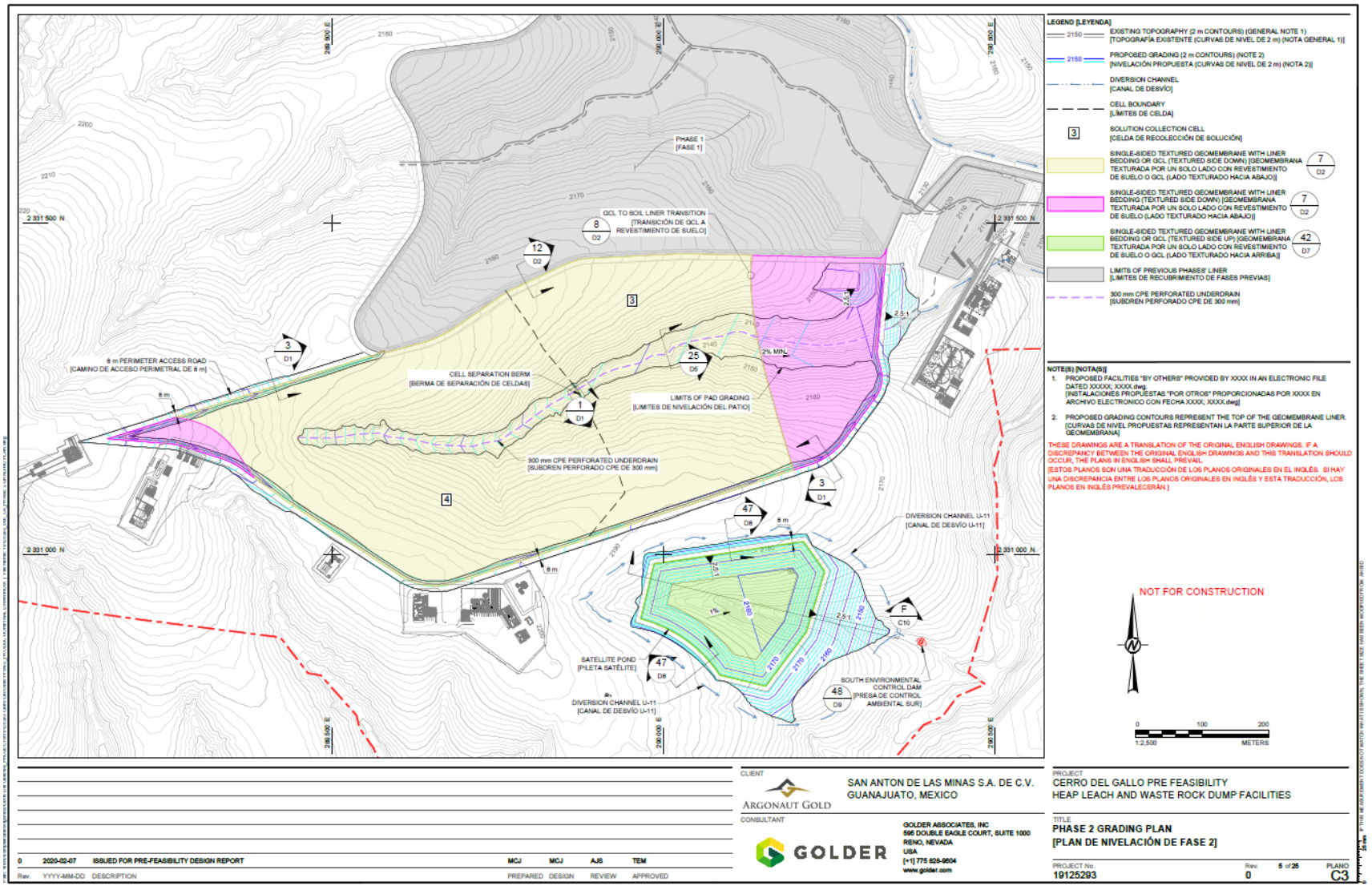


Figura II. 14. Plan de nivelación etapa 3

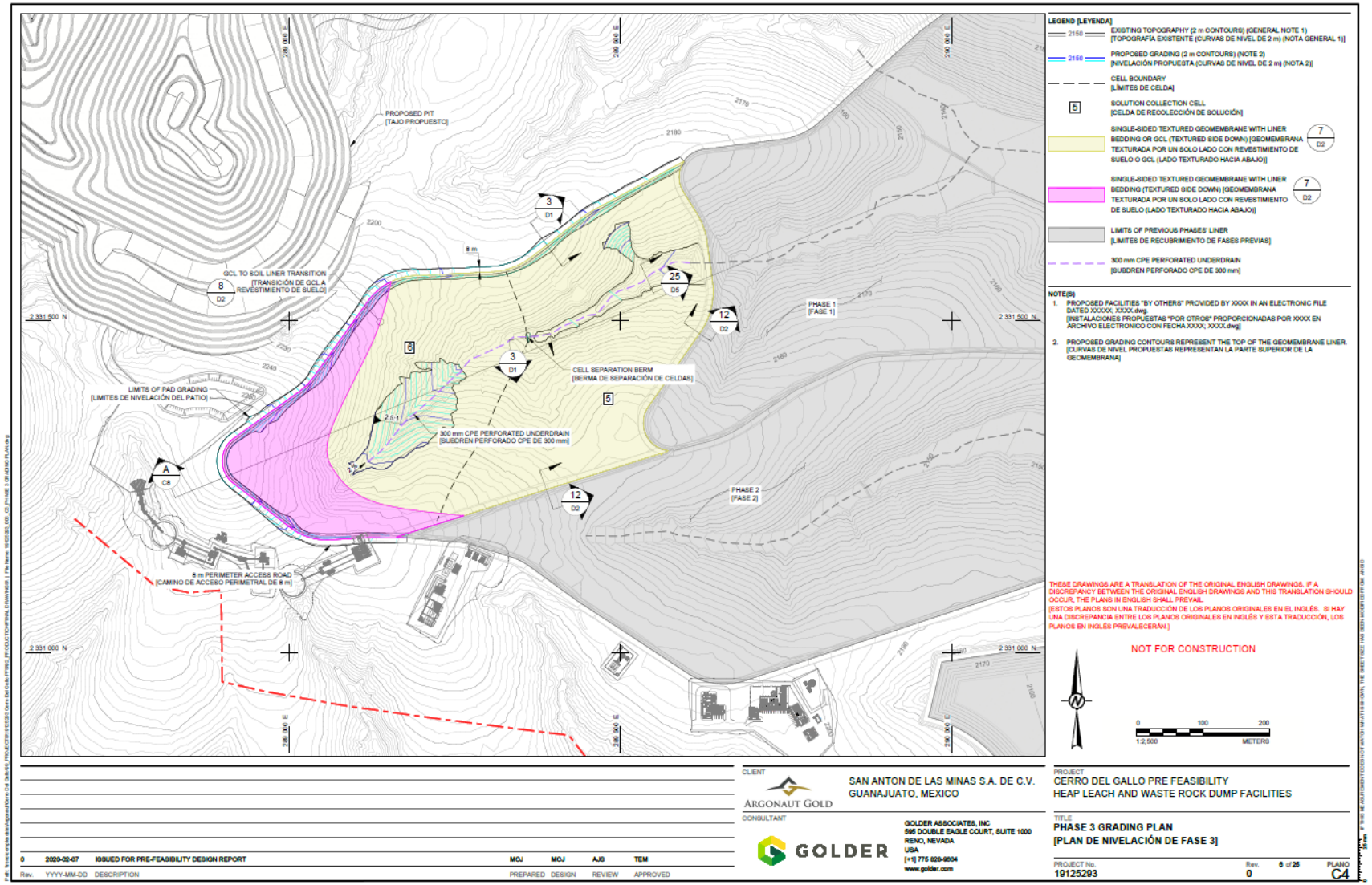
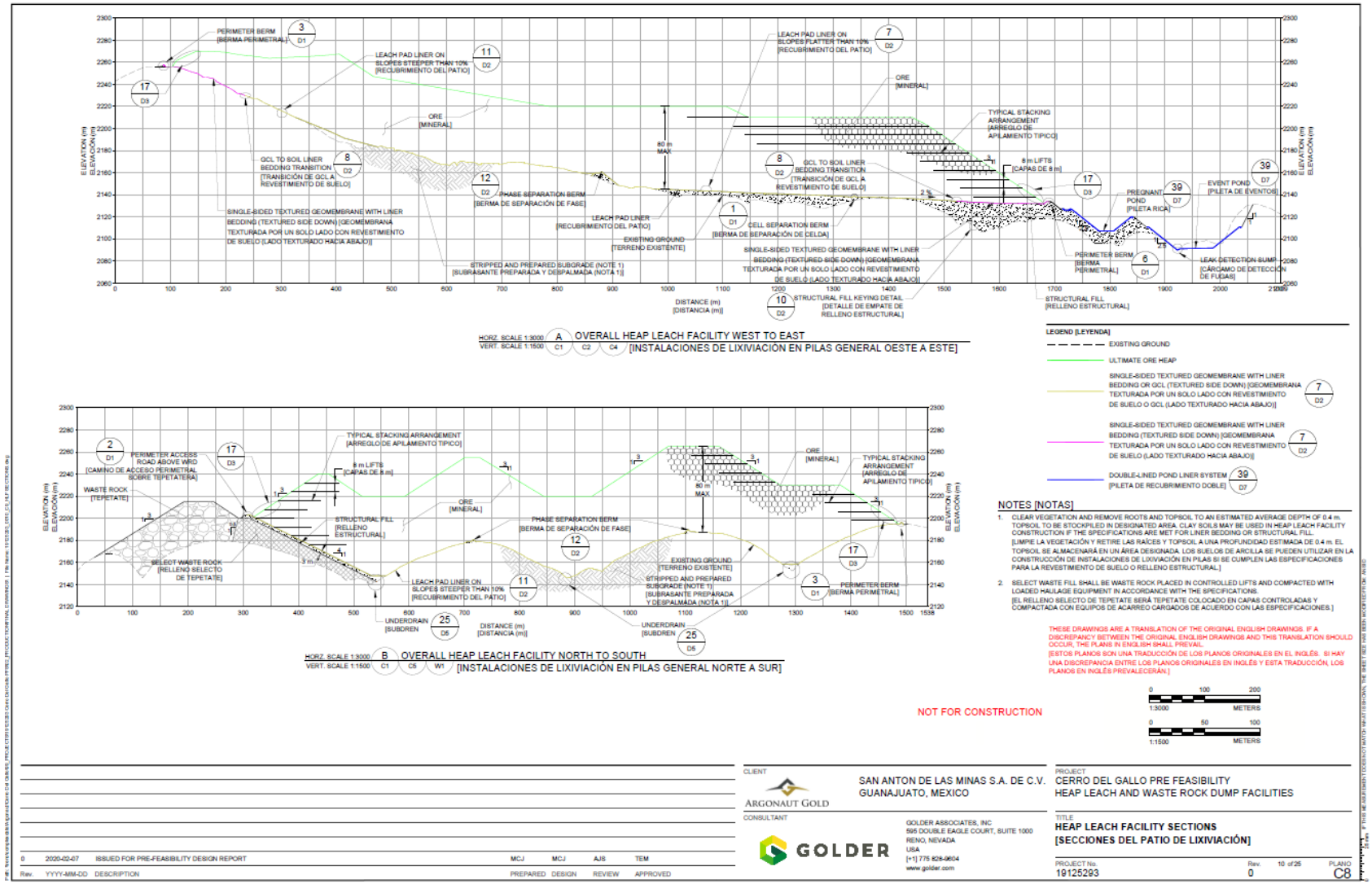


Figura II. 15. Secciones del sistema de lixiviación



2.2.5.2. Construcción de obras

2.2.5.2.1. Minado a cielo abierto (Tajo)

El sistema de explotación se basa en las características geológicas, litológicas, estratigráficas y morfológicas del yacimiento, contemplándose en este caso la apertura de un tajo mediante un sistema de explotación a cielo abierto en sitio del Cerro del Gallo.

En dicha área y posterior a las etapas de preparación, se realizaría la aplicación de un sistema de explotación de bancos descendentes, combinado con uno del tipo de cono flotante para ir cubriendo y profundizando en la superficie del polígono del tajo que se ha diseñado para la explotación de las reservas de Au y Ag presentes en minerales oxidados y parcialmente oxidados con especies asociadas de Cu que se encuentran presentes en dicho depósito.

Por el atributo específico que se presenta y vincula con en este tipo de obras mineras, las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento, se presentan de forma progresiva en un mismo lapso del tiempo, por medio de operaciones dinámicas que comienzan con el descapote y que van continuado y creciendo conforme se avance en la extensión y profundización del tajo; realizándose la construcción gradual de bancos, banquetas, con caminos a base de rampas interbermas entre bancos, como obras que van bajando y creciendo en número según se vaya avanzando en la explotación, siguiendo las especificaciones de diseño que fueron propuestas para la explotación del tajo, si bien se hacen los ajustes técnicos que se consideren necesarios tratándose de cuerpos que afloran y sólo se conocen cuando son descubiertos a profundidad.

Con la actividad de descapote, se remueve y retira la porción superficial estéril carente de valores que antecede a los mantos que alojan las vetas mineralizadas, consistiendo en una etapa intermedia que se encadena con las actividades de la etapa de preparación y a la vez con las etapas de desarrollo (construcción), operación (explotación) y mantenimiento, las cuales se llevan en un ciclo de trabajo continuo desplazando la zona de explotación dentro de la superficie del tajo, ello conforme se vaya dando el

desplazamiento del cono flotante en el sitio donde se estén realizando las etapas de preparación, desarrollo y explotación.

De lo anterior se desprende que un tajo puede ser sujeto de actividades intermitentes e independientes donde una zona se encuentra sujeta a actividades de preparación mientras que en otra se está en la fase descapote o bien de desarrollo y explotación.
En los planos que se incluyen en las páginas siguientes, se aprecian los avances del tajo por año.

Figura II. 16. Avances del tajo al primer año

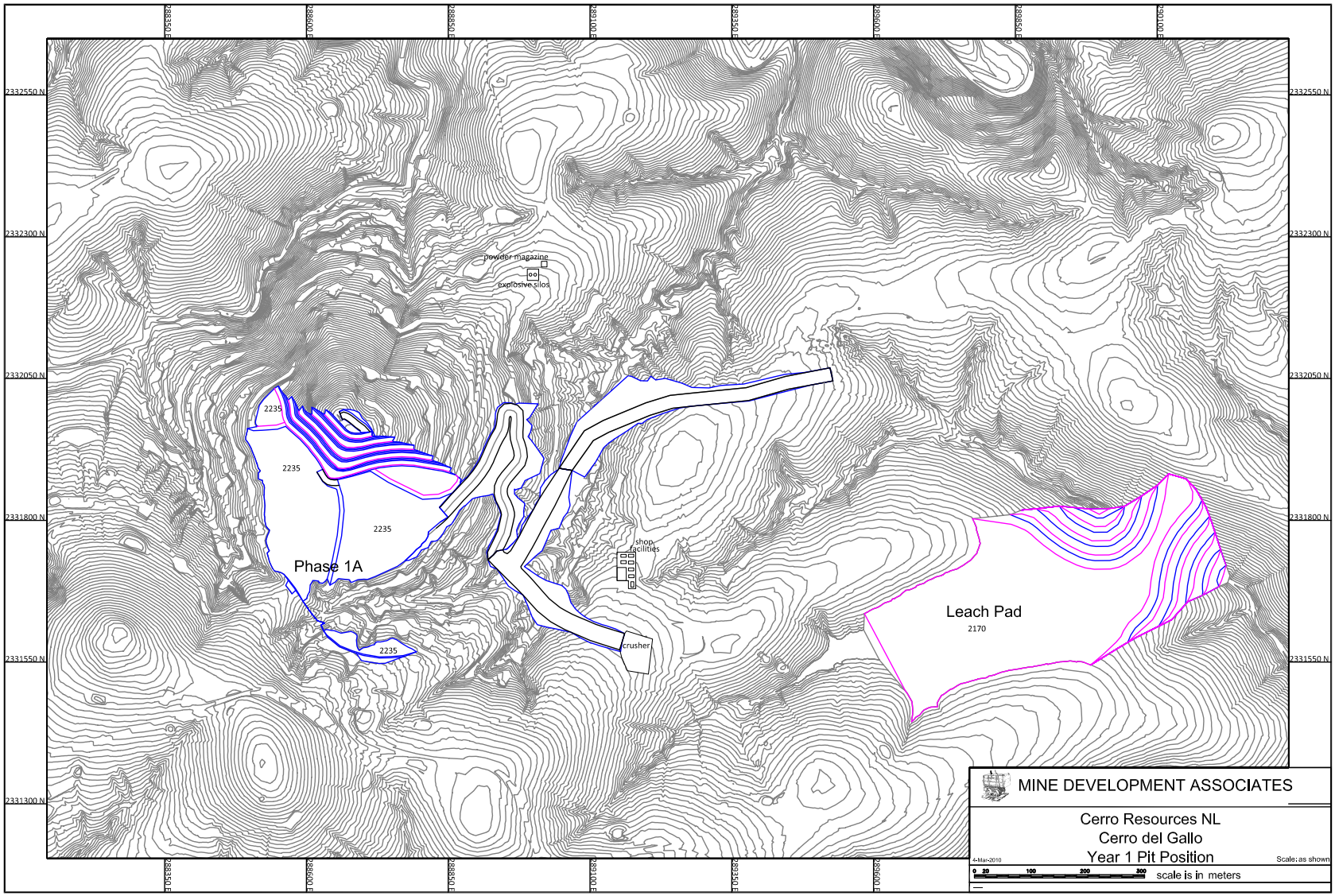


Figura II. 17. Avances del tajo al segundo año

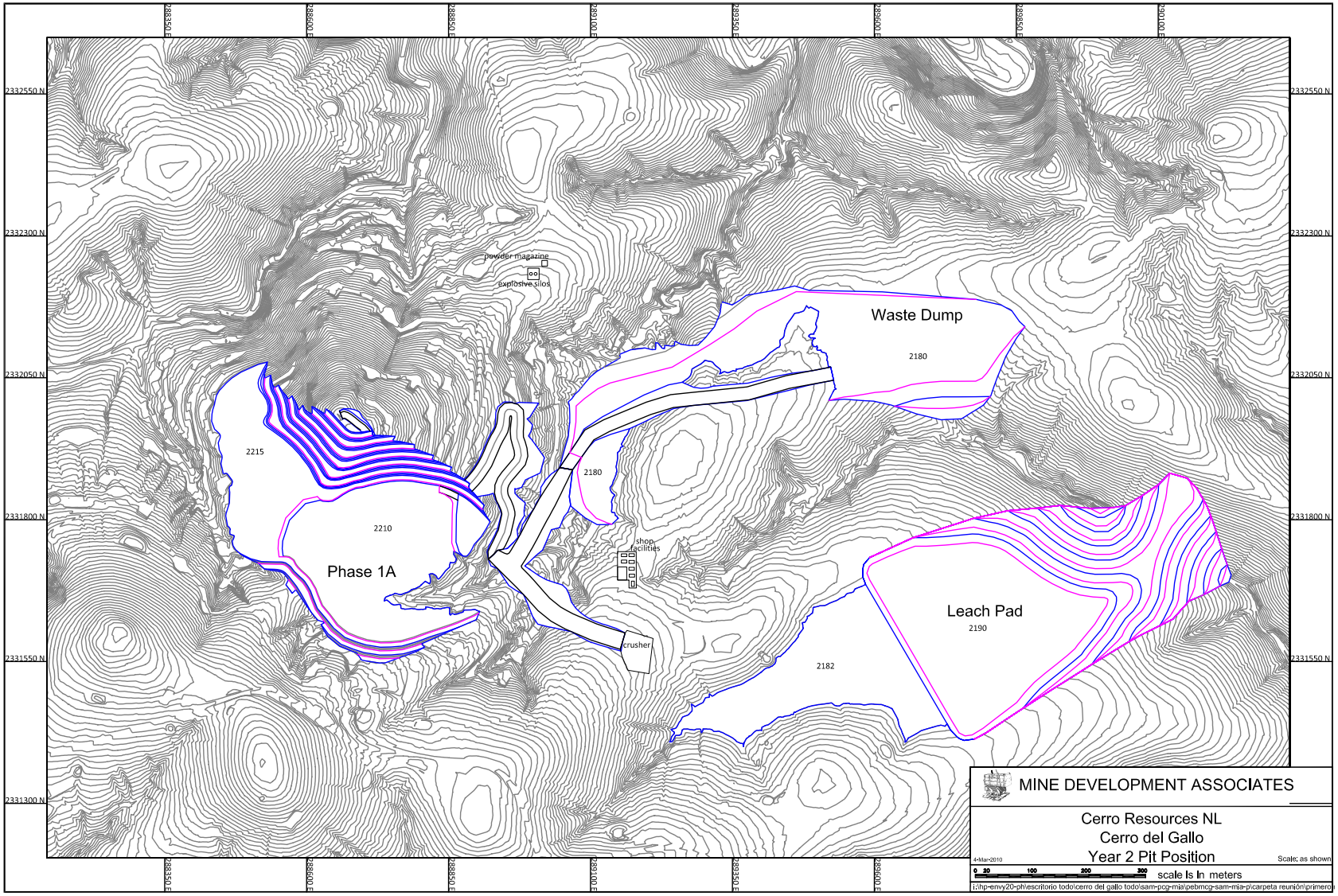


Figura II. 18. Avances del tajo al tercer año

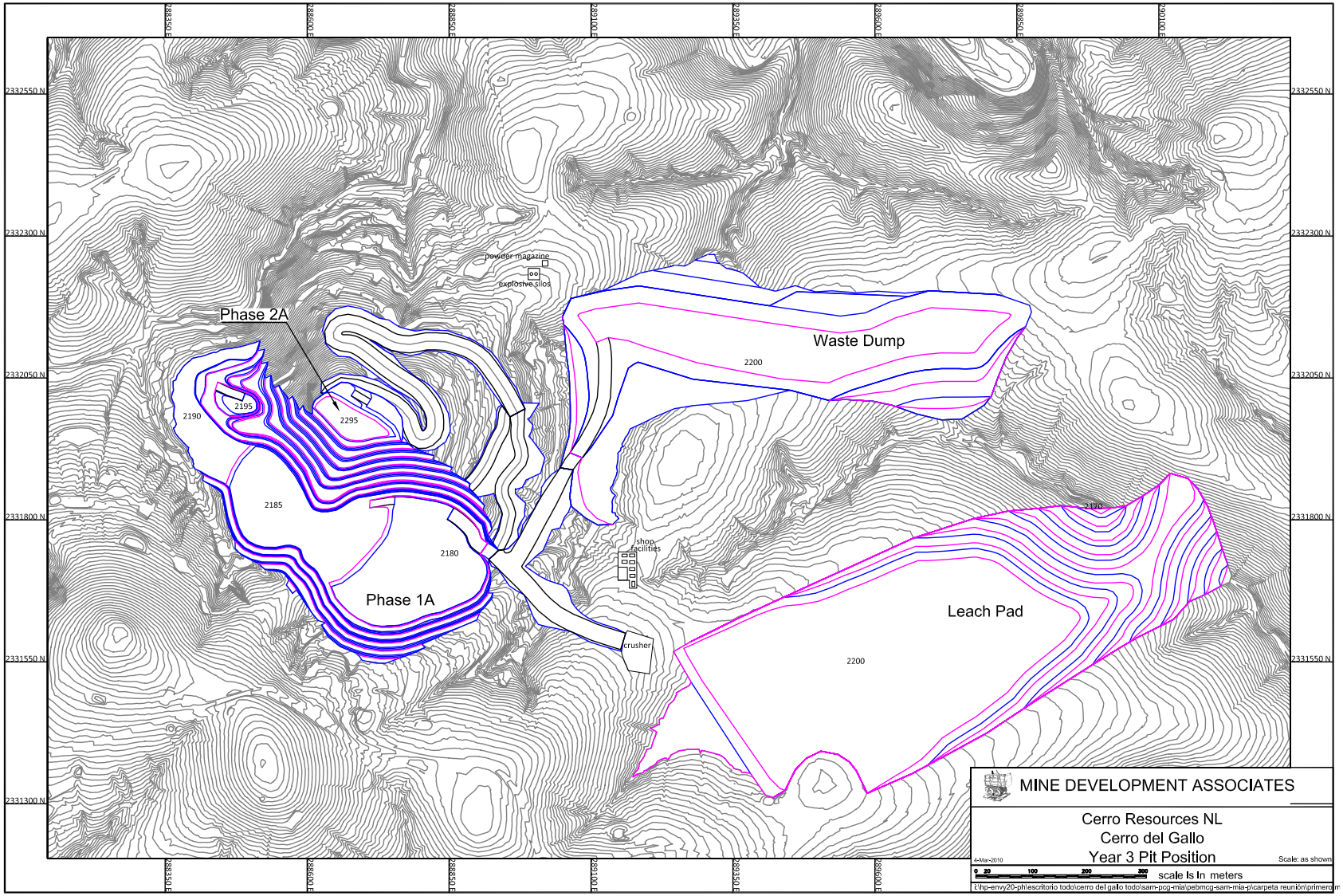


Figura II. 19. Avances del tajo cuarto año

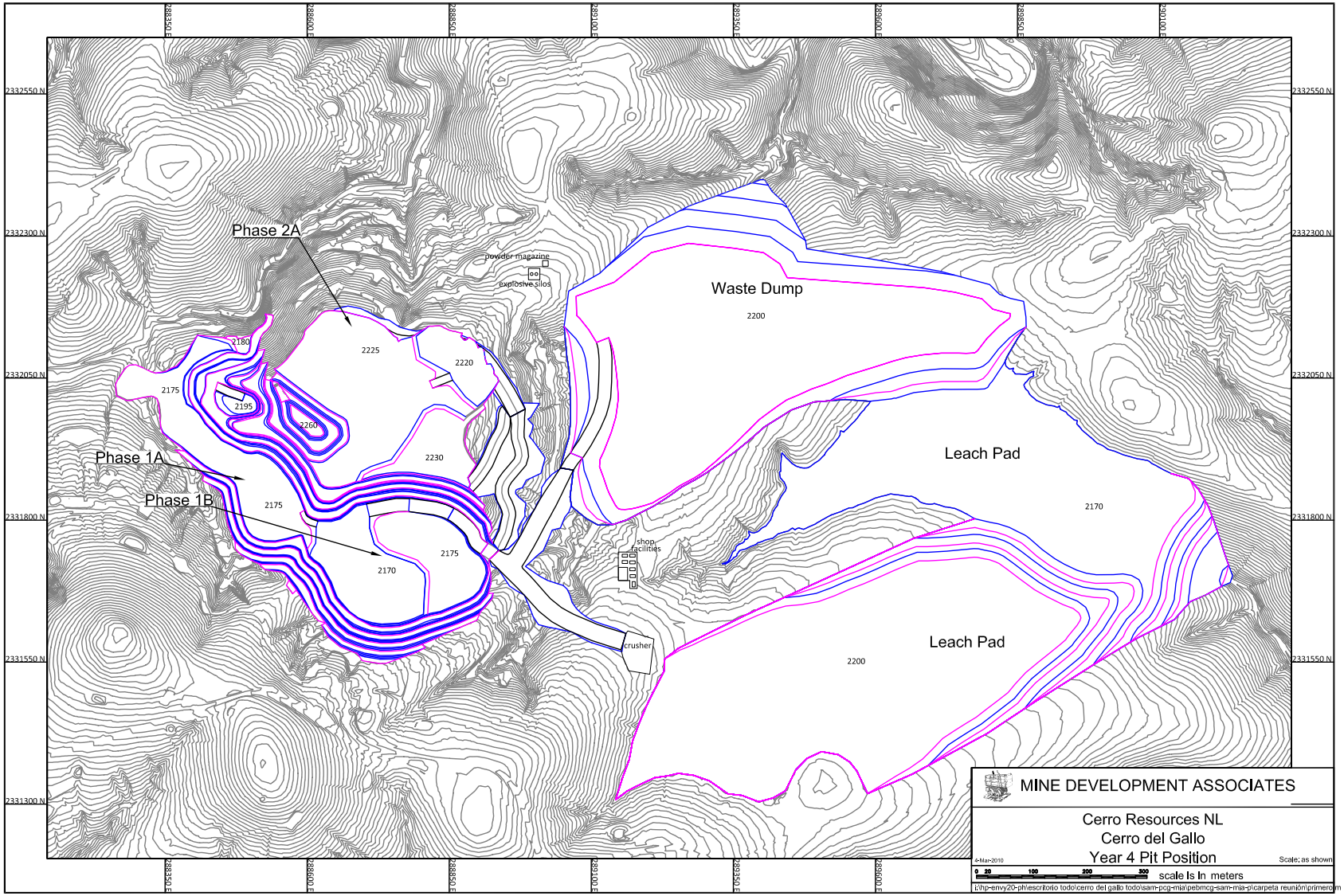


Figura II. 20. Avances del tajo quinto año

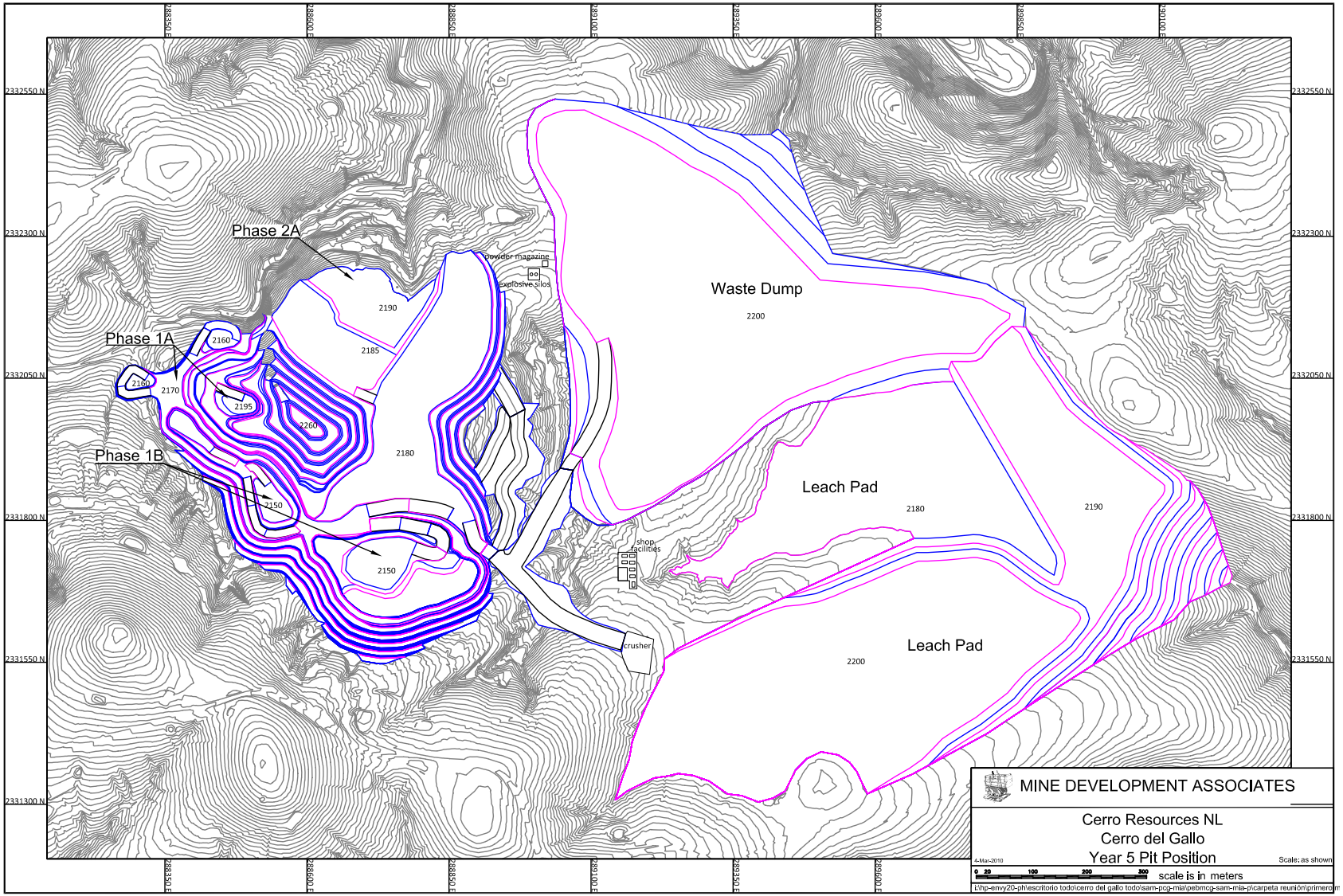


Figura II. 21. Avances del tajo sexto año

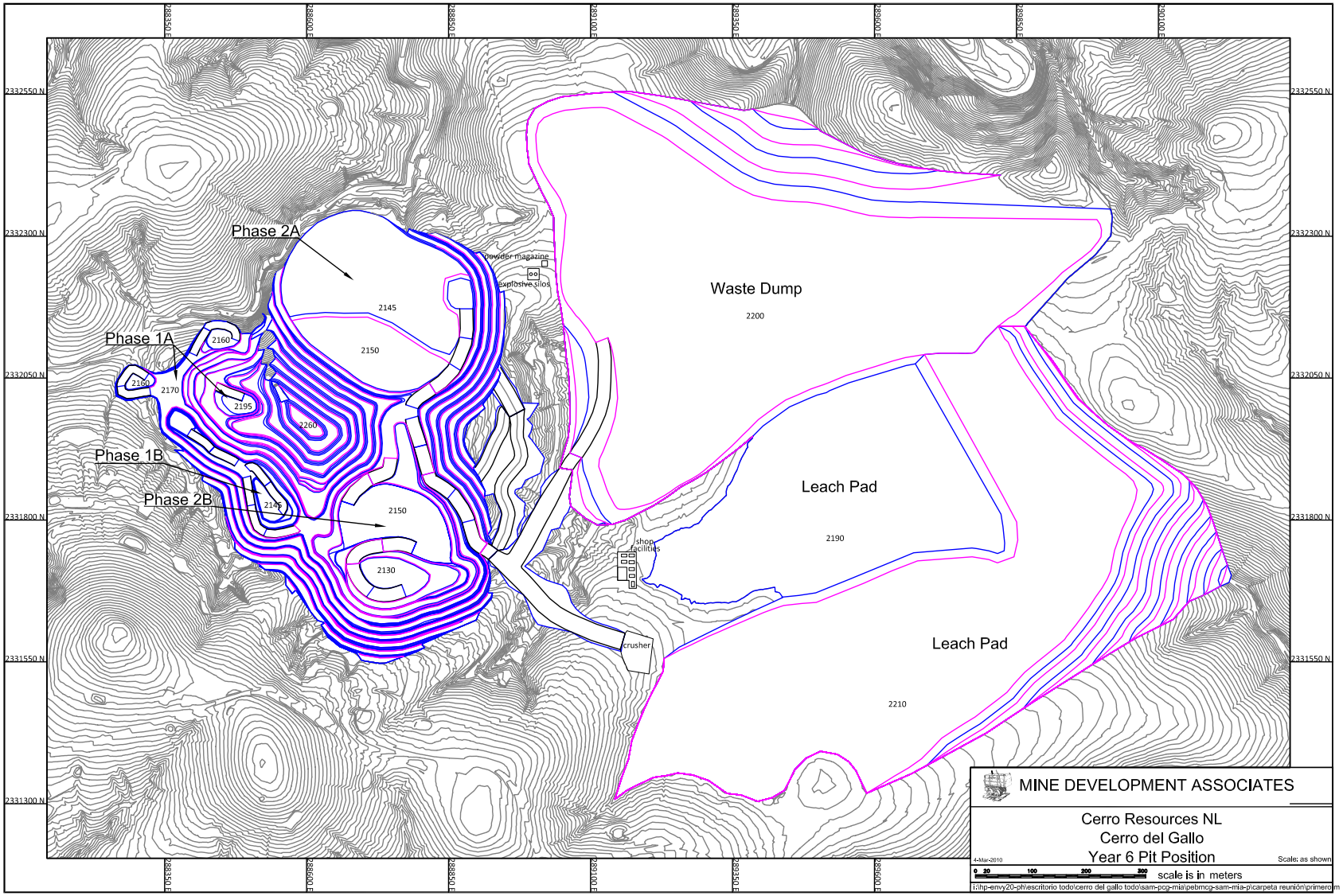


Figura II. 22. Avances del tajo séptimo año

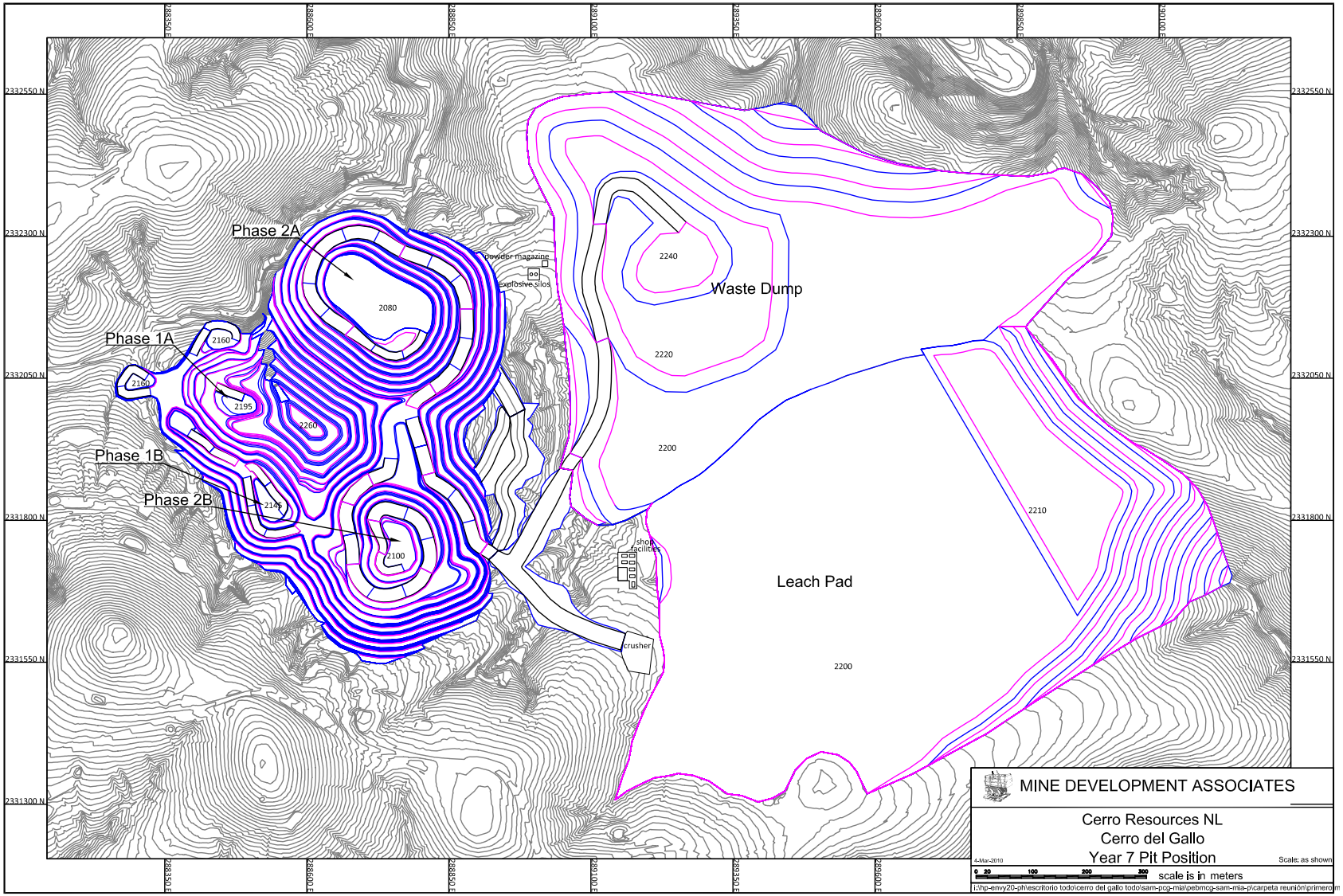


Figura II. 23. Diseño final del tajo octavo año

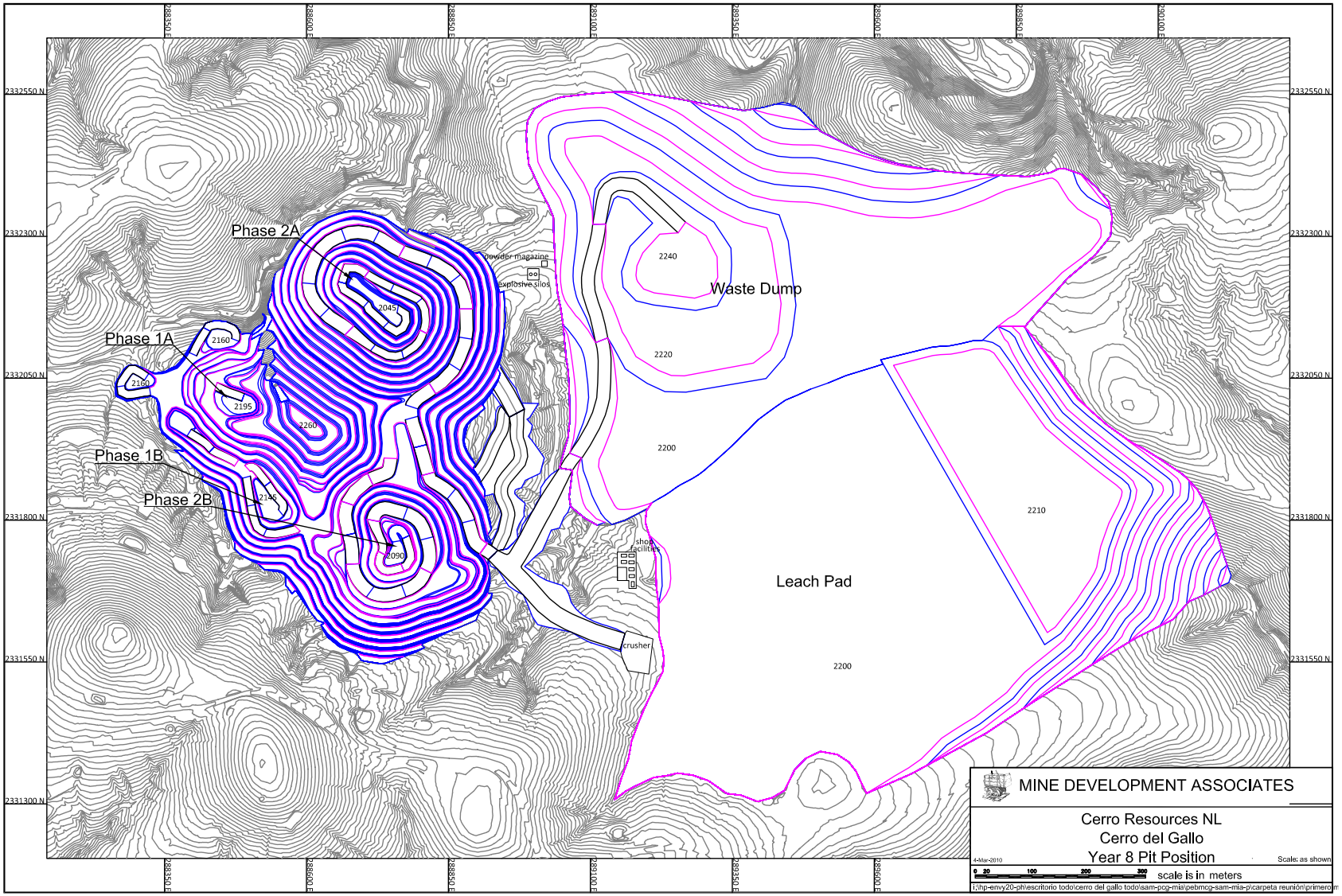
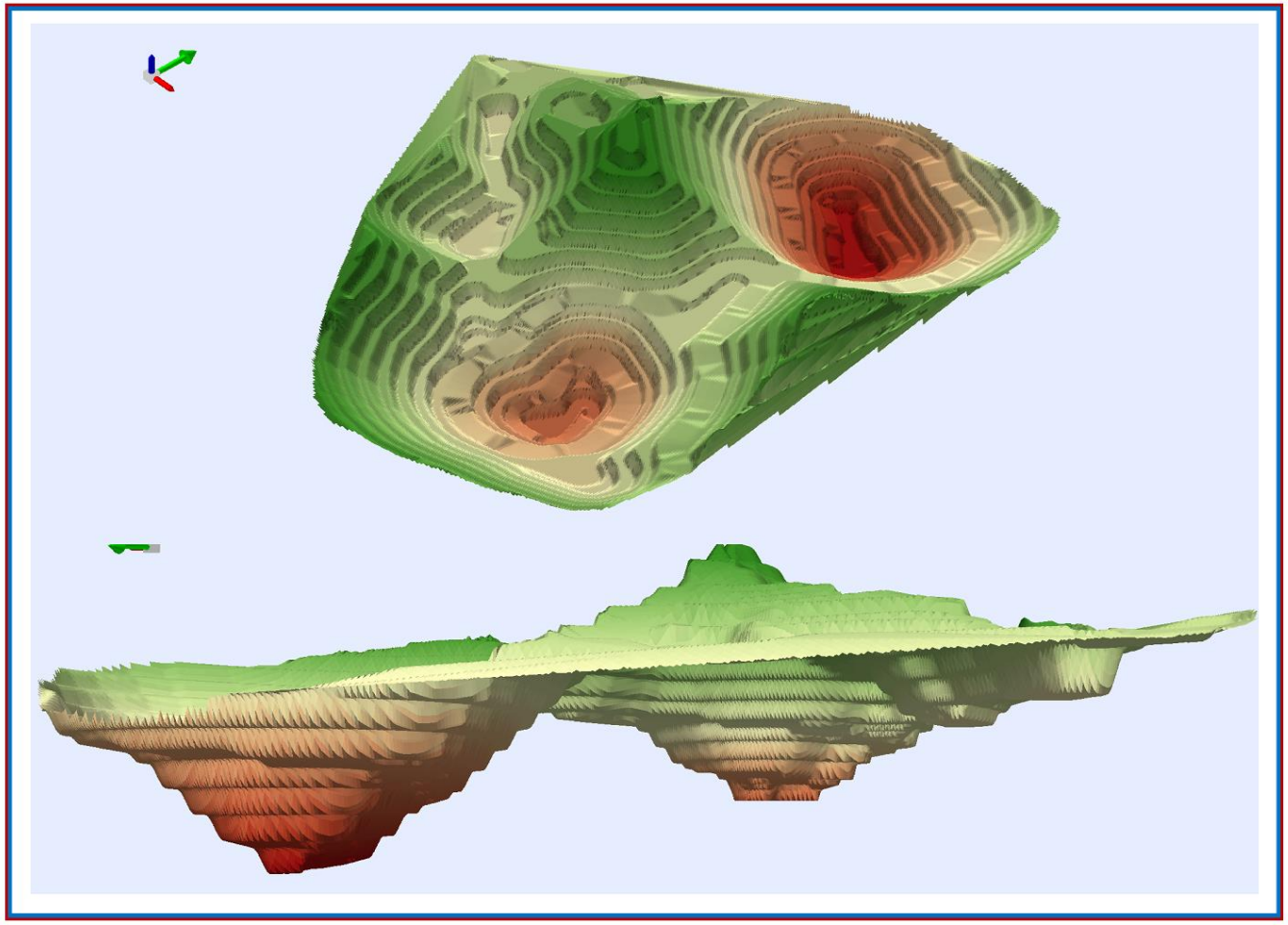


Figura II. 24. Vista 3D del diseño final del tajo transversal y oblicua



SAN ANTÓN
DE LAS MINAS SA DE CV

MANIFESTACION IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL MODALIDAD B

PROYECTO:

"CERRO DEL GALLO"

DOLORES HIDALGO C.I.N., GUANAJUATO, MEXICO.

ELABORADO POR

MC TERRA EMPRENDIMIENTOS SUSTENTABLES S.A DE C.V.

VISTA 3 D DEL DISEÑO FINAL DEL TAJO

2.2.5.3. Construcción de la tepetatera

En la tepetatera se llevará a cabo la disposición de los volúmenes del material estéril o carente de valores de interés económico proveniente de las actividades de descapote, avance en amplitud y profundización por la explotación del tajo.

Los volúmenes de residuos mineros que se generarán deben removerse y retirarse a un sitio específico de una tepetatera, donde se pueda disponer conforme se avance en las actividades de explotación, por lo que consiste en una obra fundamental que es indispensable en los sistemas de explotación a cielo abierto.

La tepetatera es una obra especial del ámbito minero ya que se autoconstruye con el aporte del mismo material que proviene del descapote y profundización del tajo, aplicándose técnicas de vaciado que son muy conocidas en el ámbito minero nacional e internacional, empleándose maquinaria pesada, camiones mineros rígidos tipo dumper basculantes para ir conformando la tepetatera, en una forma progresiva y gradual conforme se reciben las cargas procedentes del tajo.

Una vez que el residuo minero se lleva desde el tajo hasta el sitio de la tepetatera por medio de los camiones mineros a través del camino de acarreo, acometen hasta una plantilla o área de vaciado la cual va creciendo en altura y área por lo que en el tiempo se requiere de una rampa ligada con el camino de acarreo para poder acceder a dicha plantilla y proseguir con el vaciado secuencial del tepetate.

Cuando el residuo minero se vuelca desde la plantilla de vaciado, los factores de gravedad, el ángulo de reposo y la compactación natural debida al propio peso del material rocoso y gravoso estéril que conforma el tepetate, provocan que el material se vaya depositando en el sitio de forma gradual, creciendo la obra de la tepetatera en masa, anchura, altura y volumen; de tal manera que se prosigue con la disposición de los residuos mineros hasta que se alcance el límite de su capacidad de diseño.

En los planos que se incluyen enseguida, se muestran una vista en planta de la tepetatera y enseguida otro plano compuesto de dos partes, con secciones transversales de la obra viendo de Norte a Sur y de Oeste a Este. La tepetatera para disposición de los residuos mineros que serán extraído del tajo y que se ubica en la porción NE del tajo Cerro del Gallo, tendiendo los atributos de diseño que se condensan en la tabla siguiente:

Tabla II. 30. Características de la tepetatera

Atributos de la Tepetatera		
Concepto	**Unidades (SI)**	**Descripción**
Método constructivo	Vertido libre	Terrazas ascendentes
Forma geométrica	s/u	Cuerpo irregular
Perímetro aproximado	m	2,748.0
Superficie aproximada	m²	849,209.39
Superficie aproximada	ha	84.92
Longitud tepetatera (eje sección longitudinal)	m	2011.357
Ancho mayor tepetatera vista en planta	m	506.228
Ancho medio tepetatera vista en planta	M	440.96
Ancho menor tepetatera vista en planta	M	363.344
Cota de elevación máxima	msnm	2,238.0
Cota de elevación mínima	msnm	2,153.0
Sección vertical	M	85.0
Talud particular de los bancos	m:m	1.37H:1V
Talud general de diseño	m:m	3H:1V
Ancho de bermas (entre bancos)	M	10.0
Altura de bancos	M	10.0
Volumen de tepetate estimado a contener	m³	29,372,754.5
Masa de tepetate estimada a contener	T	47,923,000.0
Vida útil calculada	años	15.0
Ubicación del centroide (UTM)*	X	289,802.2
Ubicación del centroide (UTM)*	Y	2,332,323.6
**Punto de referencia en centroide plantilla de vaciado final, Datum WGS84*		

Constructivamente se seguirá un método de vaciado libre en etapas ascendentes debido al terreno, presentándose ciclos repetitivos de vaciado, preparación, construcción y operación de cada uno de los bancos mediante técnicas de bandeo y compactación en capas, conformando las banquetas interbancos junto con caminos y rampas hechas a base del mismo material. Por las características del lugar donde hay ausencia de cañadas, se debe hacer un tendido en capas o láminas crecientes y ascendentes a la vez que un vaciado en etapas contiguas para ir expandiendo el material, por lo que estrictamente se utilizará una técnica híbrida de dos técnicas constructivas de construcción que se utilizan en las obras de tepetateras.

Figura II. 25. Vista en el arreglo de la tepetatera

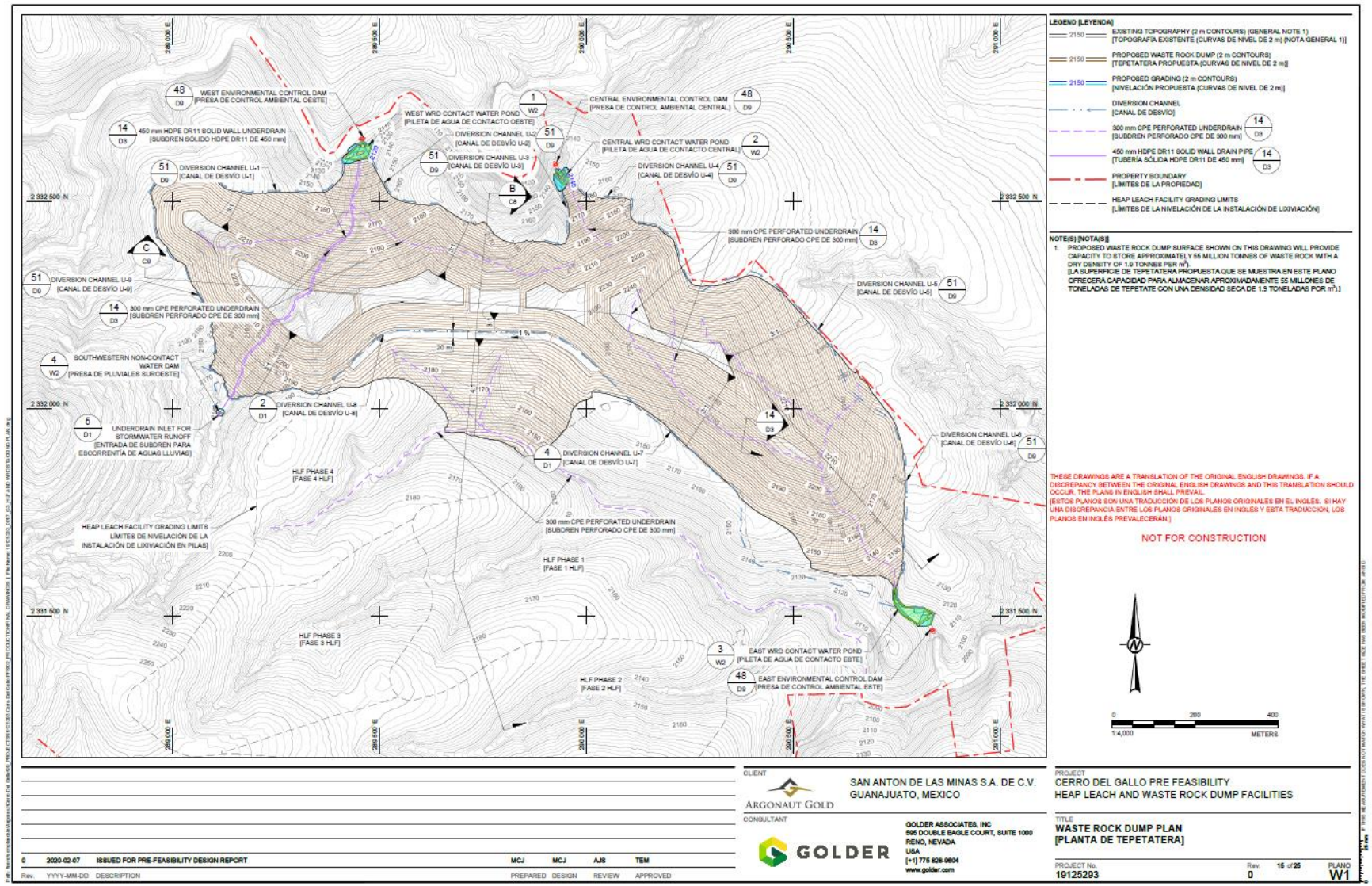
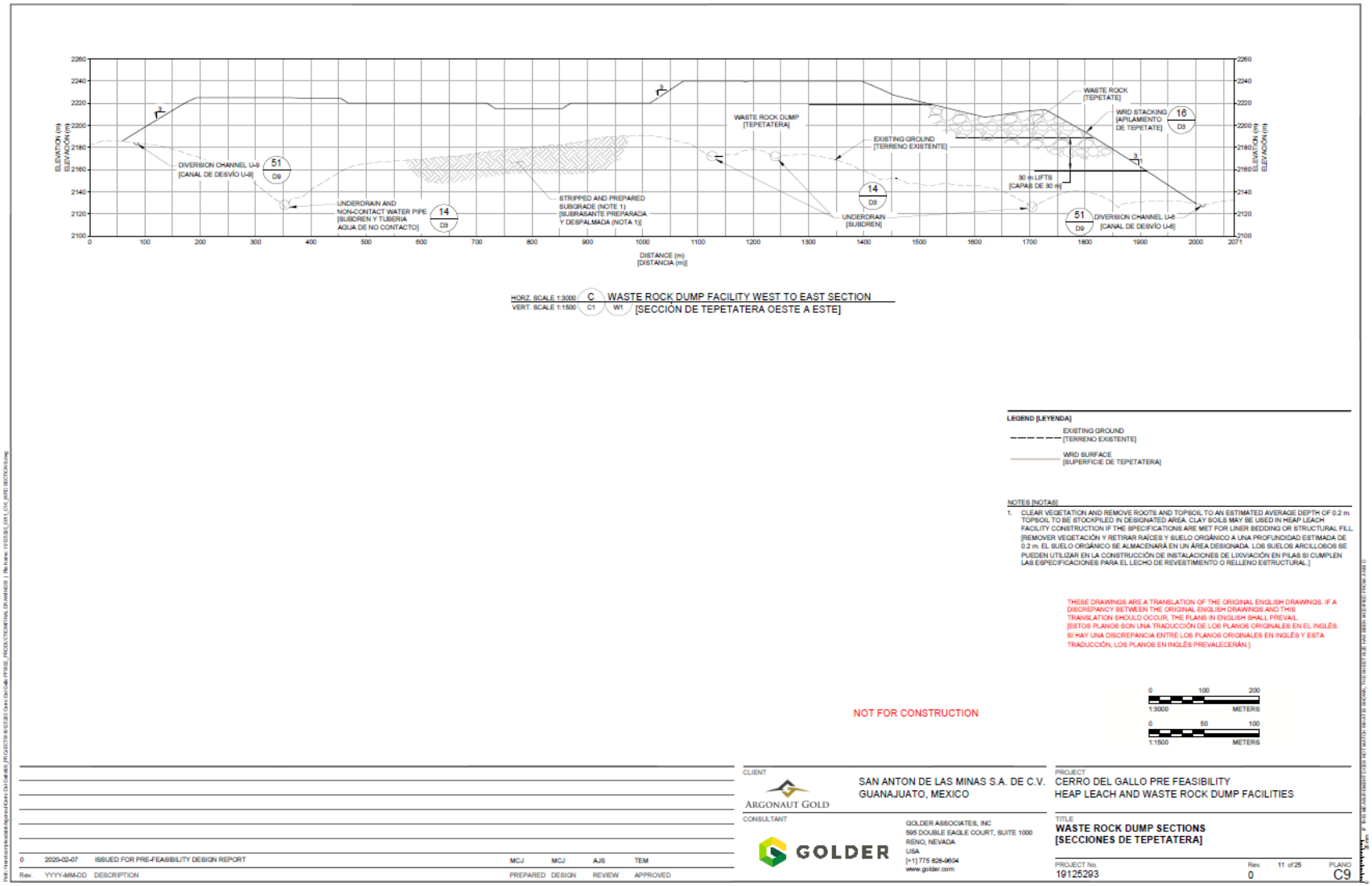


Figura II. 26. Secciones transversales de la tepetatera



La compactación se verá favorecida al tener el residuo minero una **granulometría en gradiente desde un tamaño de 28 pulgadas hasta menos de un cuarto de pulgada y escasos finos de 100 mallas**. Gracias al espesor, volumen y peso de cada banco, se irá compactando paulatinamente el tepetate hasta conformarse al contorno del sitio, generándose una consolidación entre las partículas finas que ocupan los huecos de las intermedias y éstas de los trozos mayores, dándose en consecuencia un atraque entre las partículas además de la compactación, para formar un terraplén resistente y estable, destacando que el peso de la masa que en el centroide tiende al volteo de la tepetatera, se contraponen las fuerzas cohesivas debidas al factor de rozamiento del propio material, mientras que el talud natural se da, bajo la limitante que fuerza el ángulo de reposo.

Entre cada etapa de formación de bancos, se construirán **bermas con un ancho de 10 m** bajo el diseño de la pendiente y el ángulo de reposo para conservar el talud, dando esta conformación una estabilidad segura hasta el **remate de la corona que llegará a una altura de diseño máxima aproximada de 85 m**.

En el comienzo de la construcción de la tepetatera, las primeras láminas de tepetate se depositarán de manera horizontal con el uso de camiones tipo dumper fuera de carretera de 100 t de capacidad, expandiendo y construyendo el área de la plantilla de vaciado mediante un terraplén hecho a base del propio material de tepetate, creándose por un lado una pendiente negativa contraria al talud expuesto sobre el área de la plantilla **para favorecer el direccionamiento de aquella agua que llegue a presentarse en temporadas de lluvia**, como a la vez una compactación natural por el propio acomodamiento del material y los camiones y maquinaria que transitará constantemente sobre la rampa y la plantilla de la obra.

Al tenerse creada la plantilla de vaciado se proseguirá con la disposición de residuos mineros, acomodando las distintas láminas del material de tepetate, observando que, **con el propio equipo y el peso de la masa de cada lámina, se propiciará la compactación del material**, causando el gradiente granulométrico un rodamiento de las

partículas de mayor masa hacia el pateo del talud de la obra, aspecto para el cual se contará con el área de maniobras relacionada con la tepetatera.

La creación de bermas para la altura de los bancos requiere **eslabonar el vaciado con la operación de los camiones de acarreo**, haciendo esta maniobra mediante ataques tangenciales y rampas interbermas.

Tratándose de un terreno plano, **es posible crear una tepetatera segura por simple vaciado** y compactación del residuo minero considerando el ángulo de reposo natural del tepetate, sin embargo, ante la limitante de superficie en el predio minero que impide desplazar la obra a un sitio más lejano e independiente respecto del patio de lixiviación, **el diseño constructivo conlleva que las porciones NE de la 1ª y 2ª Etapa del Patio de Lixiviación se apoyen sobre el talud Sur de la tepetatera**. Para este propósito el diseño conlleva **la colocación de un relleno de tepetate seleccionado en la parte baja y porción Sur de la tepetatera**, el cual irá bandeado y compactado en capas con equipo pesado, rematando con un relleno estructural de material inerte y no peligroso de especificación graduada y con una granulometría más fina, el cual irá recubierto a su vez con la misma geomembrana proveniente del sistema de recubrimiento compuesto que cubre la plataforma del patio, **conformando un talud y zona de contacto entre la parte Sur de la tepetatera y las porciones NE de las dos etapas del Patio de Lixiviación**.

Este diseño **ha sido instalado y probado por Golder en otras minas** donde se presentan casos de restricción de superficie dentro del polígono de los predios mineros, observando que la parte baja de las etapas del patio de lixiviación que se apoyarán encima del talud Sur de la tepetatera, **y que contará con el recubrimiento de geomembrana que "subirá" por encima de este talud proveniente de manera continua desde la plataforma de ambas etapas del patio de lixiviación**, se traduce en que existirá una separación entre las obras de la tepetatera y el patio de lixiviación en cuanto a los residuos mineros de tepetate y de mineral gastado, contándose además **con sistemas de subdrenaje particular para cada obra** (*ver plano de la figura II.26*).

2.2.5.3.1. Análisis de estabilidad de la tepetatera

Para fines de un diseño seguro y estable de la tepetatera, se realizaron **Análisis de Estabilidad de Taludes**, ver anexo 08-06, tomando como base las características geotécnicas de los materiales que intervienen en la obra, desde el residuo minero de tepetate hasta el material de relleno estructural que se utilizará en la parte Sur de la tepetatera donde se apoyarán las 2 etapas del patio de lixiviación, así como las rocas presentes en la cimentación de la obra y las que se encuentran a mayor profundidad en el basamento del lugar.

Para ello se tomó como base las cargas de tepetate, **con un peso volumétrico de diseño de 1.9 t/m^3**, el talud particular y el talud general de la obra, con una altura nominal por cada banco de 10 m y una altura final de 85 metros hasta la corona de la tepetatera.

Para las modelaciones de estabilidad **Golder** empleó el programa de cómputo (*SLIDE Versión 6.0, RocScience, 2010*) para condiciones estáticas y pseudoestáticas, empleando la técnica del equilibrio límite a lo largo de secciones críticas para localizar las superficies teóricas de falla.

Golder indica a su vez, que se realizaron análisis sobre **la sección transversal 3** relacionada con la tepetatera, utilizando un método de análisis bajo el **Procedimiento de Dovelas** de Spencer (Spencer, 1967) con un **Factor de Seguridad** (FS) determinado por la división de la fuerza cortante disponible entre la fuerza cortante requerida para mantener la estabilidad. Los planos que muestran las secciones de los **Análisis de Estabilidad** que se realizaron para la tepetatera y el patio de lixiviación, se presentan en el Anexo de este Capítulo.

Para los parámetros a considerar en un evento sísmico, la práctica estándar es considerar en el diseño de estas obras una relativa baja consecuencia del movimiento en regiones de características penesísmicas como la del proyecto, empleando una

aceleración pico del terreno (**PGA**, por sus siglas en inglés) **para un periodo de retorno de 475 años**. El valor **PGA** aplica tanto para la etapa de operación como posterior al abandono del lugar, asumiendo que la tepetatera permanecerá drenada al final de su vida útil.

Cabe señalar que, si bien no se cuenta con una **Norma Oficial Mexicana** respecto de tepetateras, un criterio que se sigue en las modelaciones y diseño de este tipo de obras **es el impacto que se presentaría ante sismos de mayor magnitud para el caso de los análisis pseudoestáticos**, para un sismo que considere **un periodo de retorno de 2,500 años**, así como la aceleración en un escenario del **Sismo Máximo Creíble** (**SMC**). Bajo esta premisa **Golder** realizó análisis adicionales como garantía para la estabilidad y diseño de la tepetatera propuesta.

El valor de la fracción de la aceleración de la gravedad (**g**) considerando el un evento sísmico para un **periodo de retorno de 475 años fue de 0.08g** mientras que **para el periodo de 2,500 años resultó de 0.12g**, observando que cuando se consideran riesgos de estabilidad bajo la carga de una aceleración accidental en **g**, asociada con un escenario del **SMC**, la práctica estándar en Norteamérica (**USA**) es emplear el valor del percentil 50 (valor del 50% de los registros estadísticos e igual al cuartil 50) para la atenuación de la **g** relacionada con el sitio del proyecto, resultando en un valor de 0.045g para una **aceleración de la gravedad** de 0.09g.

Lo anterior obedece a que para el análisis pseudoestático donde se considera un evento accidental de un sismo para obras que consideran grandes masas como el caso de la tepetatera, **el coeficiente pseudoestático es típicamente menor al valor de la** fracción de **aceleración** para incluir los efectos de inercia que se llevan a cabo dentro de la masa de deslizamiento. Por este motivo un **coeficiente sísmico horizontal** (k_H) equivalente **a la mitad de la aceleración pico se utilizó en los análisis de estabilidad pseudoestáticos de la tepetatera**, tomando en cuenta el valor de k_H como una atenuación del valor de la **g** para los periodos de retorno de 475 y 2,500 años, **como un**

método que es consistente y aceptado en las prácticas comunes que se siguen en este tipo de análisis.

Con base en lo anterior para el periodo de retorno de 475 años donde el valor de la **g** determinado fue de 0.08g, para el caso del análisis pseudoestático se utilizó un valor de k_H de **0.04g**, y para el periodo de retorno de 2,500 años donde el valor de la **fracción de la aceleración** fue de 0.12g, el valor de k_H empleado fue de **0.06g**; mientras que para el escenario **SMC** donde la **g** determinada fue de 0.09g, el coeficiente k_H que se utilizó en los análisis pseudoestáticos fue de **0.045g**.

Los supuestos básicos que fueron hechos por **Golder** para el análisis de estabilidad de la tepetatera bajo la técnica del equilibrio límite fueron los siguientes:

- **Se anticipa que se llevará a cabo la extracción y remoción total de la capa de suelo superficial en la cimentación de la tepetatera.**

- **El nivel freático del agua se encuentra significativamente profunda (mayor a 42 m, de acuerdo con información de pozos de sondeo y barrenos realizados en el lugar)**, por lo que no afecta la estabilidad de la obra.

- La **porción SW de la tepetatera se ubica a unos 30 m respecto del límite máximo del polígono del tajo**. Los parámetros del material de la cimentación utilizados en el análisis son conservadores y bajos debido a la variabilidad de los materiales presentes en el basamento, asumiendo paredes estables en el tajo con valores más altos de cohesión y ángulo de fricción interna. Basándose en esta consideración se anticipa que la carga de la masa de la tepetatera no afectará la estabilidad general de las paredes del tajo que se encuentran en vecindad, siendo una recomendación el que se lleven a cabo análisis para confirmar la integridad de las paredes del tajo.

La evaluación de los análisis de estabilidad realizados por **Golder**, se enfocó en dos tipos de fallas potenciales para cada sección crítica:

- **Falla circular generalizada estática**. - Se utilizó para evaluar los probables mecanismos que se traduzcan en una falla total a través del talud general de la tepetatera, desde la corona hasta el pie del talud de esta.

- **Falla del tipo circular para las cotas profundas donde se encuentra la cota del terreno de cimentación y la roca más profunda que compone el basamento**. - Las modelaciones consideraron los probables mecanismos de falla que se llegaran a presentar a través de la altura total del talud y que se extendiera hacia la parte inferior o más profunda de la tepetatera, donde se encuentran los materiales naturales que componen el basamento.

Las propiedades de los materiales que se utilizaron en la modelación del análisis de estabilidad se presentan en la tabla siguiente:

Tabla II. 31. Propiedades de la base de la tepetatera

Material	Unidad de peso	Cohesión	Ángulo de fricción interna φ
	kN/m³	(kPa)	(°)
Tepetate	20.0	0	33.0
Relleno estructural	20.0	0	32.0
Parte subsuperficial de la cimentación	20.0	0	30.0
Roca del basamento	24.0	100	33.0
Notas: (1)	*Simbología de unidades del Sistema SI:*		
	kN/m³ = Kilonewtons por metro cúbico		
	kPa = Kilopascales		

Factor de seguridad (FS)

Como se observó anteriormente el **análisis de estabilidad** consideró una sección transversal y la altura final de la tepetatera.

Los resultados de las modelaciones se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla II. 32. Resultados del análisis de estabilidad de la tepetatera

	FS para el análisis estático y cada modo de falla		
Sección	**Talud general**	**Rocas de la cimentación**	**Rocas del basamento profundo**
3	1.93	2.03	2.78
	FS para el análisis pseudoestático y cada modo de falla		
Sección	**Talud general**	**Rocas de la cimentación**	**Rocas del basamento profundo**
3	1.71	1.80	2.44

Basándose en prácticas estándares de la industria, los requerimientos mínimos de diseño que utilizó **Golder** para el patio de lixiviación y la tepetatera y considerando las secciones 1 y 2 que fueron analizadas, se obtuvieron factores de seguridad **FS** que **son mayores a los valores de comparación considerados de 1.50 para el caso de la estabilidad estática y de 1.05 para un escenario accidental por sismo**, observando que el menor valor fue de **1.71 para el análisis pseudoestático** y el modo de falla del tipo circular sobre todo el talud de la tepetatera, **encontrándose este valor en un 63% por encima del valor mínimo de comparación, traduciéndose en que el diseño de la tepetatera es seguro y estable**.

2.2.5.3.2. Obras complementarias a la tepetatera

Como complemento importantes para ver el avance bajo los atributos de diseño y la estabilidad de la obra, **se programará la instalación de referencias superficiales sobre las bermas de la tepetatera durante toda la vida de la obra**, en una retícula de tiempo que dependerá de las variaciones registradas en los levantamientos topográficos, construyendo dichas referencias a base de un muerto circular a base de mortero de concreto en el remate de contacto sobre el piso, **como obra que contará con el punto de medición en su parte central y que quedará sobre la terraza de la berma para realizar las medidas correspondientes de los ejes X, Y y Z que servirán de referencia para verificar los asentamientos diferenciales que puedan presentarse en la obra**, asimismo, **se instalarán estaciones de monitoreo de posibles líneas de corriente subterránea que se lleguen a presentar al interior del talud de la**

tepetatera, consistiendo en piezómetros del tipo abierto (Casagrande) similares a los que se instalarán en el patio de lixiviación y en el entorno de las piletas de soluciones en puntos de cotas estratégicas, protegidos e identificados por medio de una tapa y candado en la ventana superior, donde se realizarán las medidas por medio de sonda eléctrica o la toma de muestra según corresponda con un bailer. La instalación de estos instrumentos conlleva la perforación en el terreno aguas arriba y abajo de la obra mediante una máquina perforadora, así como la colocación de las partes que integran la sección del piezómetro como de los materiales de relleno envolventes.

2.2.5.4. Construcción de caminos de acarreo

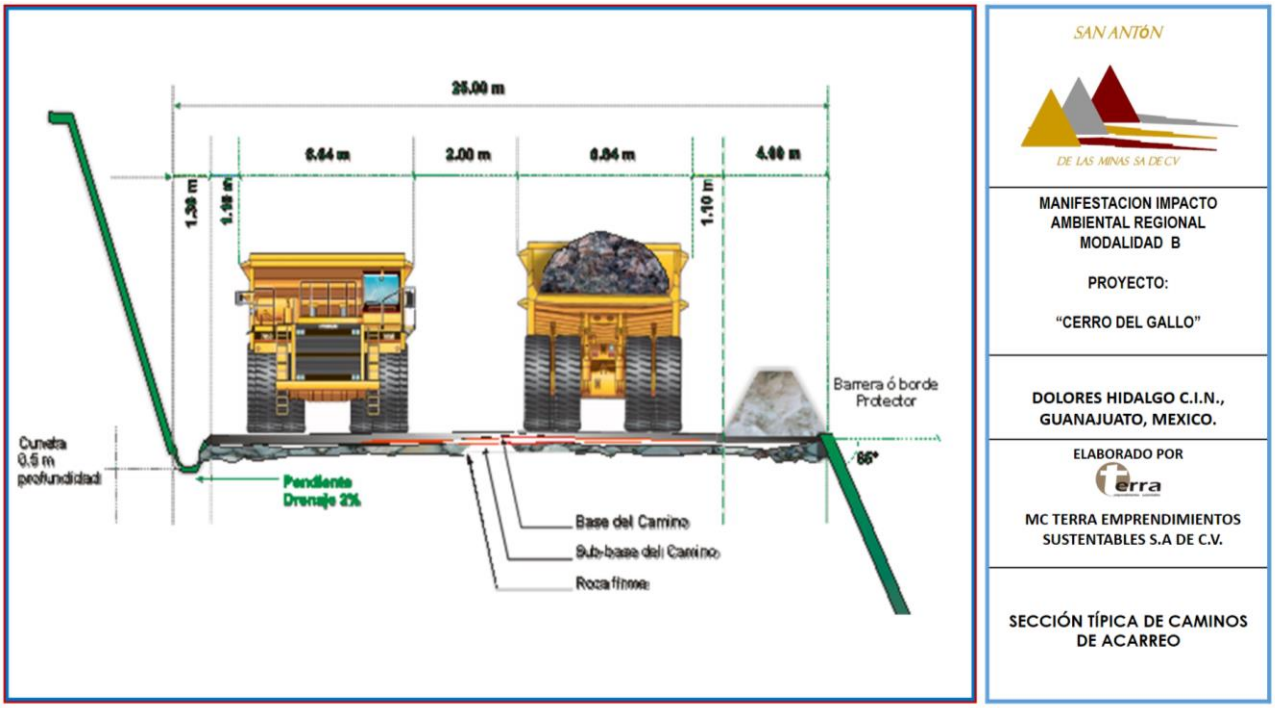
Para el retiro de mineral y tepetate, **se construirán caminos de acarreo desde el área del tajo hasta los sitios de la planta de trituración y la tepetatera**, haciendo esta labor mediante actividades de nivelación y compactación para conformar la base del terraplén de los caminos, siendo la nivelación la condición de la rasante o pendiente que se desea dar según se trate, conformándose esta rasante a las pendientes y características topográficas que se presentan en el lugar. La construcción se llevará a cabo con el apoyo de maquinaria pesada empleándose **básicamente bulldozer, motoconformadoras y pipas para riego**, el diseño típico de los caminos se presenta en la figura que le sigue al cuadro, con los criterios de diseño para los caminos de acarreo y los de acceso:

Tabla II. 33. Parámetros para la construcción y la operación de los caminos

Parámetro	Valor	Comentarios
Pendiente máxima del camino de acarreo durante la operación del Patio de Lixiviación.	10%	
Pendiente máxima del camino de acceso de las pilas después de operación (cierre)	10%	
Ancho mínimo del camino de acarreo durante operación	23 m	Trafico de 2 vías para el camión de acarreo 777 CAT
Pendiente máxima del camino de acceso al proceso	8%	
Ancho mínimo del camino de acceso al proceso	10 m	Trafico de 2 vías, de camiones ligeras
Pendiente máxima del camino perimetral de acceso al Patio de Lixiviación	8%	
Ancho mínimo del camino perimetral de acceso al Patio de Lixiviación	8 m	Trafico de 1 vía de camiones ligeras

Como se observa en la figura y el cuadro; el diseño de los caminos y rampas de acarreo se preparó para camiones marca **Caterpillar** modelo **777**, con una **capacidad de carga útil de 99.8 toneladas** (que puede llegar a 109.0 toneladas); con un ancho en orden de trabajo de 6.68 m. Se consideró el tráfico de 2 camiones y un espacio entre espejos de 2 m; así mismo se consideró que deben transitar separados del talud o berma, en por lo menos 1.10 m; el ancho de la cuneta se consideró en 1.3 m con una profundidad de 0.5 m y la berma de 4.10 m en la base y con altura de 1.5 m. En total, **los caminos de acarreo de mineral y tepetate mantendrán 25 m de ancho, sin considerar los rellenos**.

Figura II. 27. Sección típica de caminos de acarreo



2.2.5.5. Construcción de la planta de trituración

La construcción de la planta consistirá en la instalación de los **equipos de trituración, clasificación y transporte** montados sobre estructuras y vigas, además del colado de las bases de estos componentes y de la tolva de gruesos. Para las bases de cimentación de las columnas, las bases de los equipos y las zapatas de las estructuras de las bandas transportadoras fijas, se requiere de excavaciones para colocar las cimbras y vaciar el concreto, construyendo asimismo los **CCM**, cuartos de supervisión, talleres de mantenimiento electromecánico e instrumentación para esta planta, así como servicios del personal.

En los planos siguientes se presenta una vista en planta y enseguida se incluyen **planos y arreglo** en anexo 09-01 y 09-02, en serie que muestran los detalles constructivos de la planta de trituración desde la tolva de gruesos hasta el Stockpile de curado del mineral aglomerado:

2.2.5.6. Construcción de áreas para almacenamiento y preparación del cianuro

El cianuro que se preparará para utilizarse como **agente de lixiviación**[11], llegará al proyecto como de **Cianuro de Sodio** (NaCN) en estado sólido, con presentación en briquetas, cuyas dimensiones estándar son de **31 X 30 X 14 mm**, fabricadas y distribuidas por la empresa **Evonik** a través de su filial **CyPlus**.

El diseño, prevé que la preparación del cianuro se realice principalmente, mediante el **uso de isotanque** (isocontenedor) con **20 t de cianuro en sodio en forma de briquetas**, éste se conecta mediante manguera flexible resistente, que a su vez se adhiere mediante acoplamiento al isotanque y a la alimentación del tanque de disolución de cianuro que contiene solución pobre a un pH mayor a 10.5 unidades, ésta se alimenta a presión y en el isotanque se llevará a cabo la disolución de briquetas retornando al tanque hasta concluir la mezcla; una vez disuelto, el **CN-** se almacenará en un tanque

[11] Compuesto químico que se utiliza en los patios para la disolución y recuperación de valores del mineral (SEMARNAT, 2010)

denominado de almacenamiento. No obstante, el diseño prevé también, **la preparación a partir de cianuro de sodio en briquetas embalado en cajas**, por lo que, **el almacenamiento del cianuro de sodio en el proyecto se realizará exclusivamente en cantidades suficientes**, para casos de emergencia, sin embargo, se construirá la infraestructura para ese fin. Para éste caso, las briquetas se empacan primeramente en un súper-saco conformado por dos capas; la primera fabricada a partir de polietileno de alta resistencia y una segunda que la envuelve fabricada a partir de **polipropileno**, polímero termoplástico parcialmente cristalino, de gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos **(ambas están adheridas en las costuras de reforzamiento)**; el súper-saco se empaca en una caja de madera con aristas reforzadas, con flejes o cinchos metálicos para evitar su apertura.

El **almacén de cianuro de sodio** y el **área de preparación de este**, se localizarán en el polígono destinado a la Planta de Recuperación, ver arreglo en anexo 09-02, al **SE** del área del proyecto como se observa en el plano siguiente. Se construirán acorde a las siguientes especificaciones civiles:

1. Posterior al desmonte y despalme, **se compactará el terreno mediante rodillos** y agua, con capas de 30 cm hasta lograr una subrasante del 90% proctor.

Se colocarán las cimentaciones **y una primera plancha de concreto reforzado de 15 cm de espesor**; sobre ella se colocará una capa de geomembrana fabricada a partir de polietileno de alta densidad y sobre la geomembrana, **una nueva capa de concreto de 15 cm de espesor**; en esta etapa se construirán las bases de los tanques; los diques de contención, cárcamos de recuperación, etc.

Figura II. 28. Plantilla constructiva de la planta de trituración

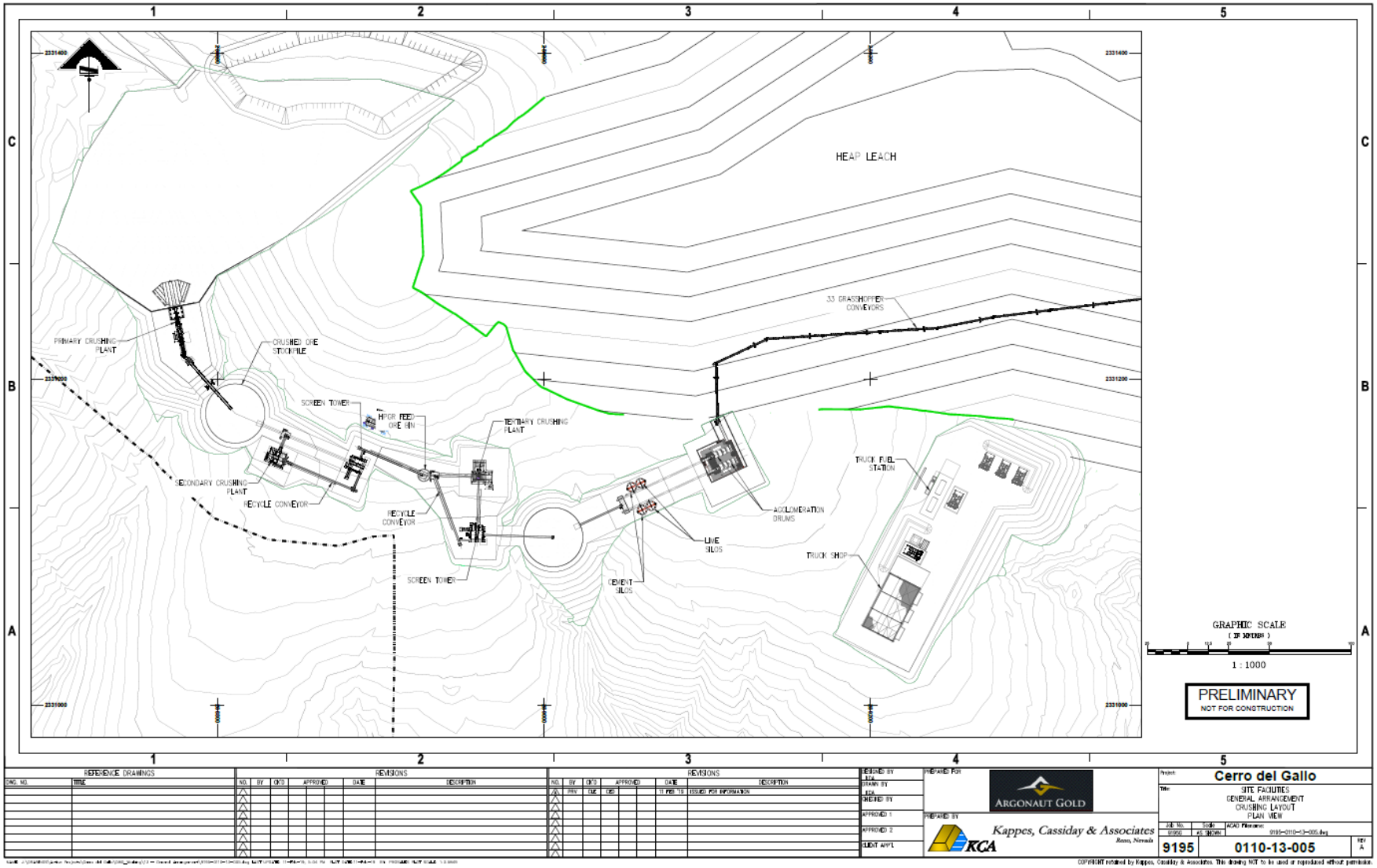


Figura II. 29. Detalle de construcción de la planta de trituración

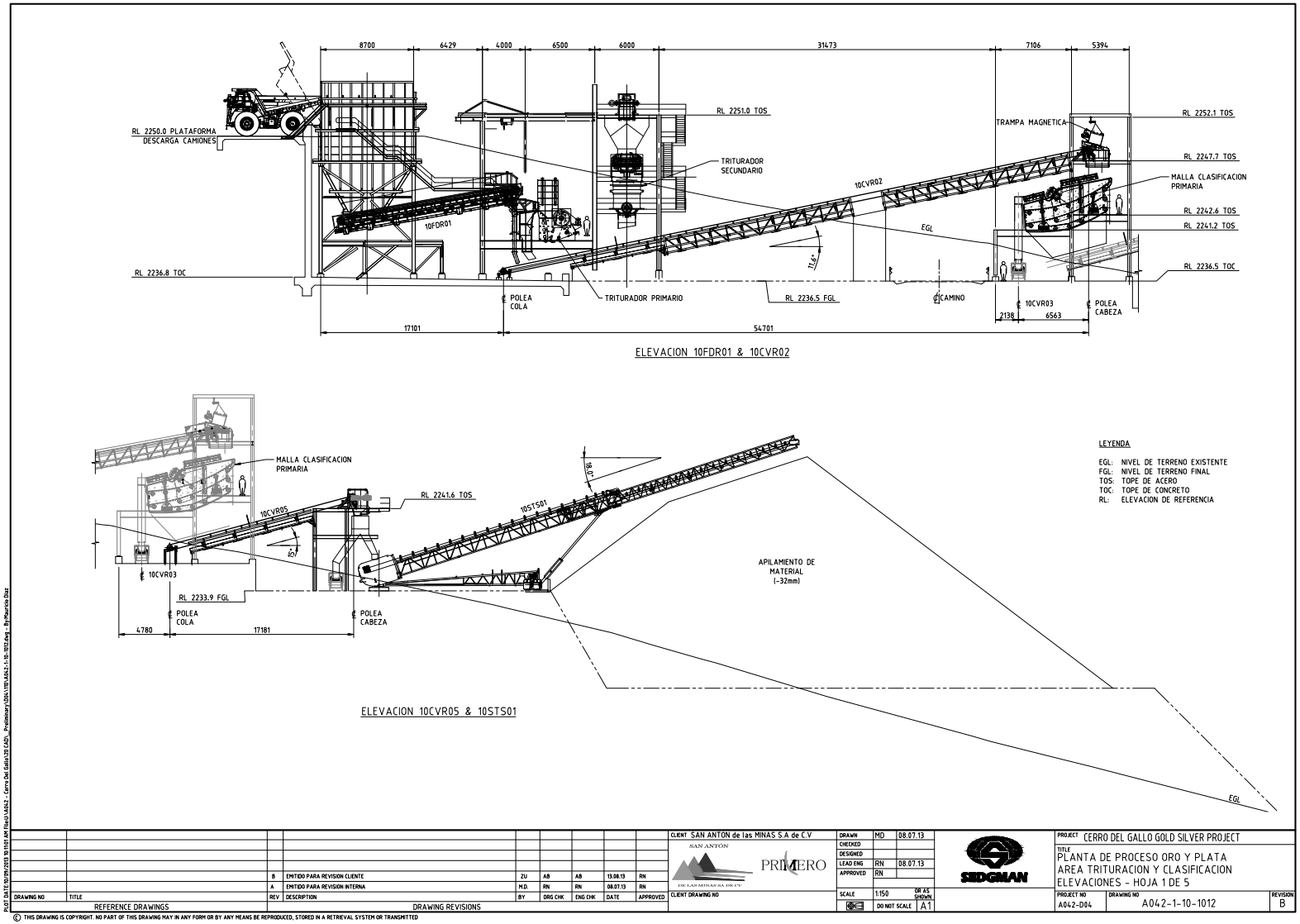
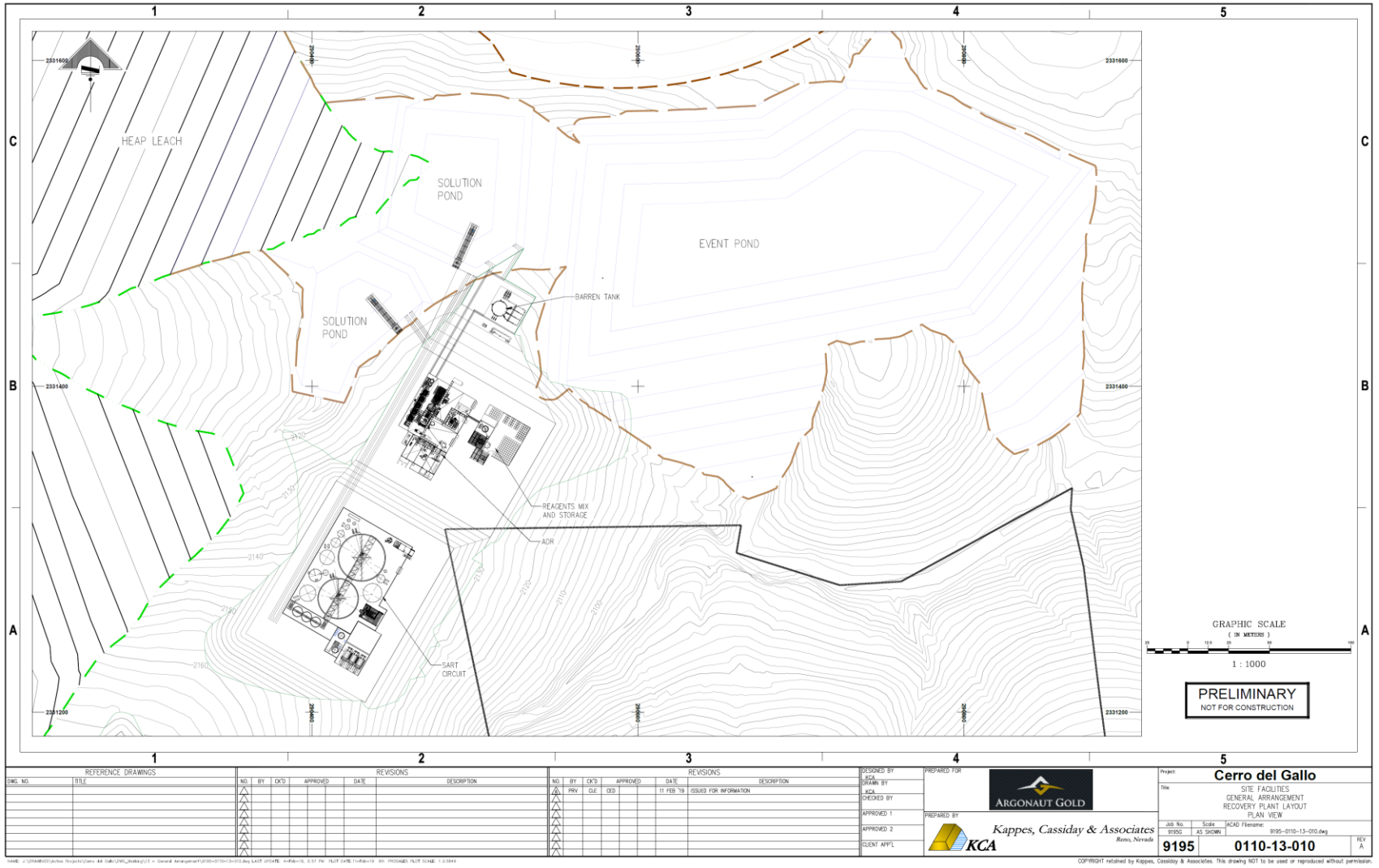


Figura II. 30. Ubicación de la planta metalúrgica



Una vez construida la plancha de concreto reforzado, se afinará la zona de concreto en donde se acomodará el isotanque para la preparación; posteriormente se acondicionará el área de almacenamiento del cianuro de sodio, **utilizando módulos prefabricados para paredes y techos**; contará con ventilación natural y un polipasto que correrá desde el ingreso del almacén hasta la pared final; éste servirá para manipular las cajas durante la llegada del cianuro de sodio (ingreso) y la salida de éste hacia el área de preparación; contará con puerta corrediza y una cerradura de seguridad a fin de controlar el acceso al almacén.

Contiguo al multicitado almacén, se instalarán los tanques, bombas y tuberías para preparar y distribuir el cianuro en forma de ion cianuro hacia las áreas de operación; en particular los siguientes:

- Tanque de disolución del cianuro de sodio, **al cual se conectará el isotanque y en él se preparará la mezcla del químico**, será fabricado a partir de acero inoxidable y tendrá una capacidad de 60 m^3. El tanque de disolución se conectará al isotanque mediante una manguera flexible y acoplamientos; la solución estéril se aplicará mediante bombeo y a la salida del isotanque, se contará con otra bomba para retornar la solución al tanque de disolución.
- El tanque de disolución se conectará **mediante tubería de acero inoxidable**, una bomba para transferencia del cianuro (CN-), a un **tanque de almacenamiento** igualmente de acero al inoxidable de **60 m^3 de capacidad**; éste contará con 6 bombas para dosificar y transferir el CN-.
- En el caso del cianuro de sodio que se prepare utilizando los super-sacos contenidos en el almacén, la preparación se dará en un tanque para mezclar el cianuro de sodio en estado sólido, con solución gastada a un pH mayor a 10.5; **el tanque será de acero al carbón de 30 m^3 de capacidad** y contará con un módulo (polipasto) para elevar las bolsas con 1 tonelada de cianuro de sodio en briquetas, dentro del tanque se colocará un dispositivo para romper las citadas bolsas e iniciar con la preparación del cianuro como ion cianuro (CN-); en la boca del tanque, se construirá una caseta con un interruptor que evitará que el polipasto

funcione si no se encuentra cerrada la caseta; el tanque estará equipado con una propela fabricada a partir de acero inoxidable que girará para diluir las briquetas. Éste tanque mediante bombas, abastecerá al tanque de almacenamiento.

- El área de almacenamiento y preparación contará con un cerco de seguridad, adicional al de la Planta de Recuperación. En el plano siguiente se presenta el arreglo en planta del área de almacenamiento y preparación del agente de lixiviación.

Figura II. 31. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro

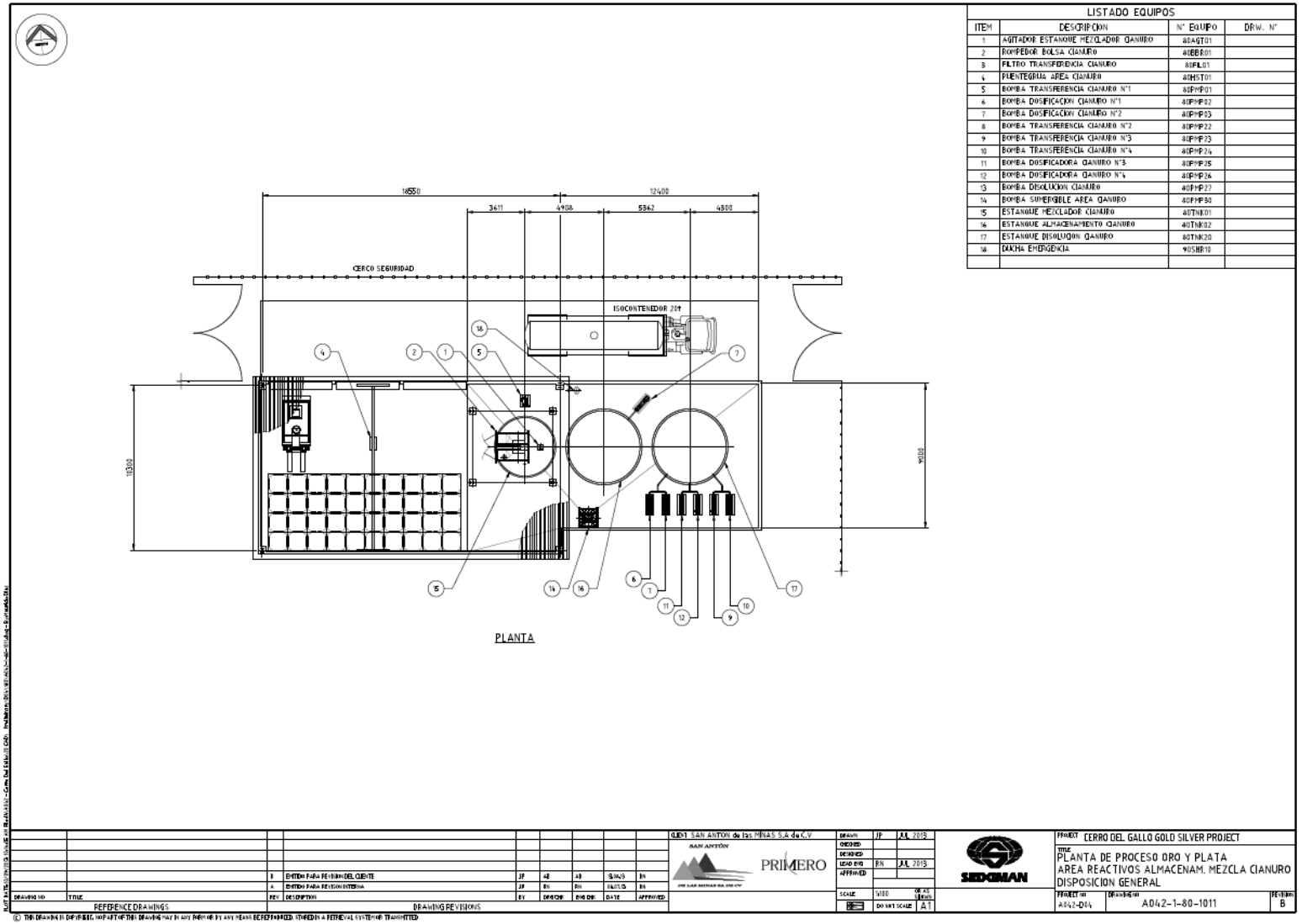


Figura II. 32. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro

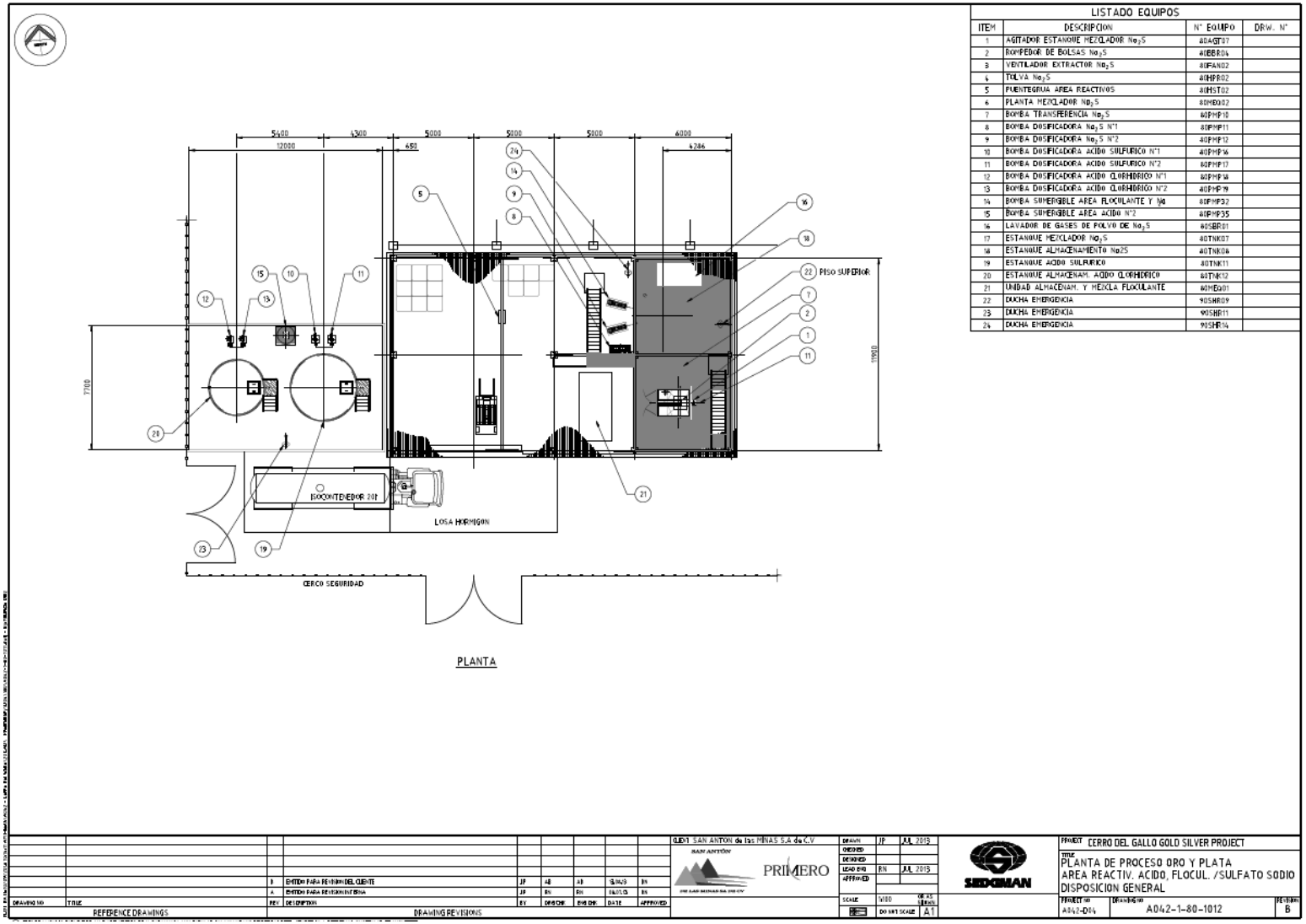
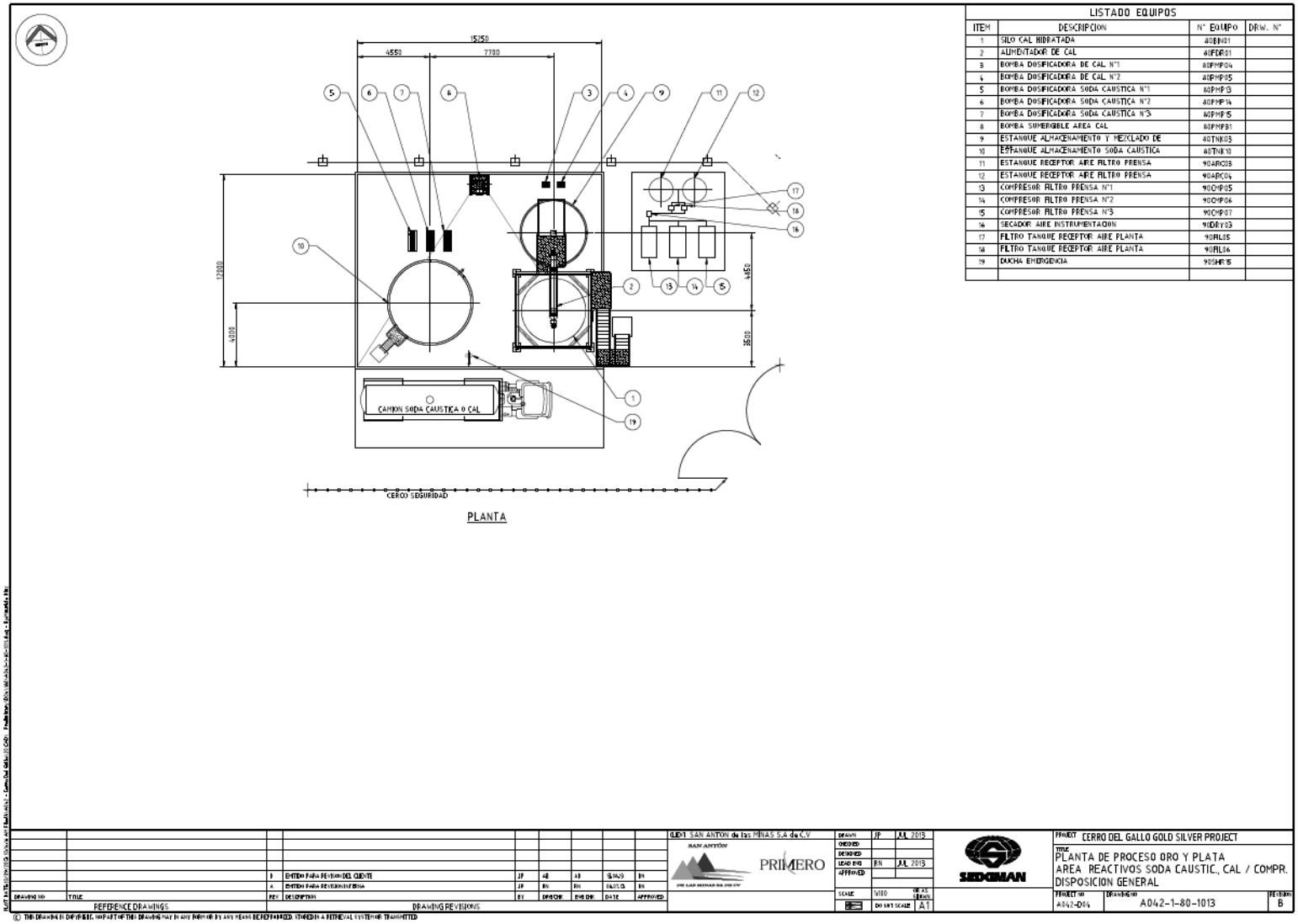


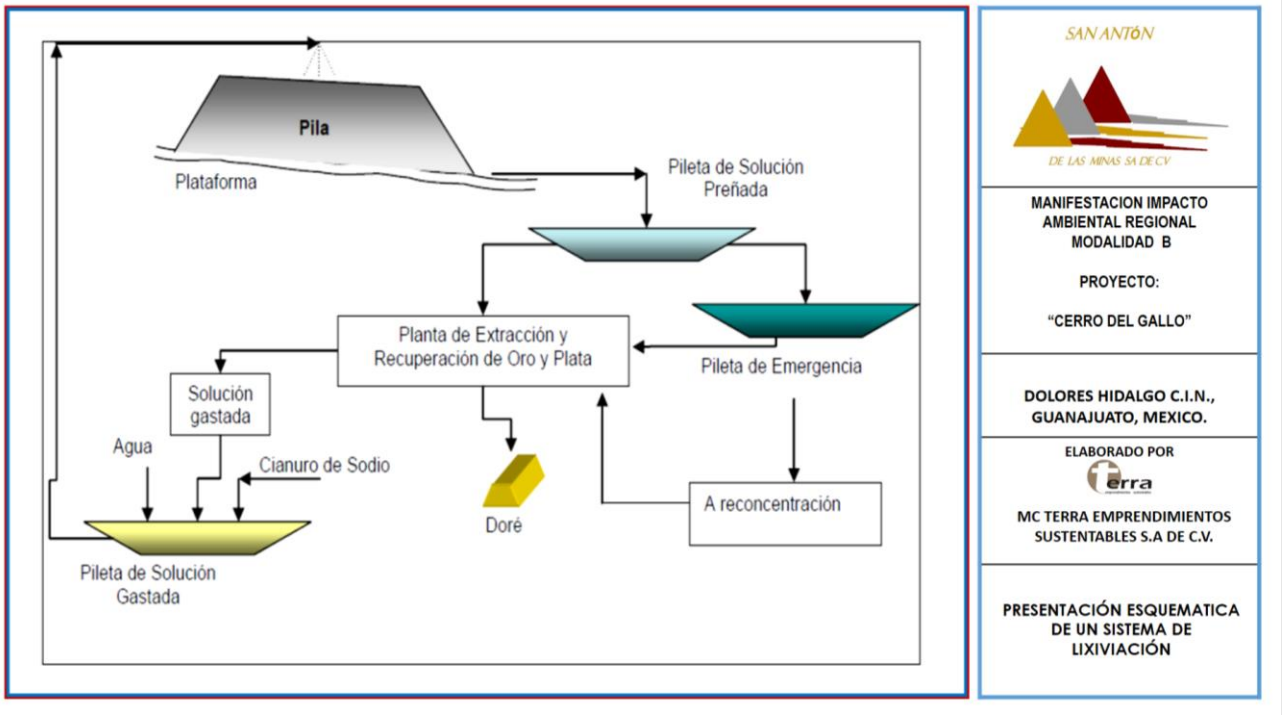
Figura II. 33. Planta de almacenamiento y preparación de cianuro



2.2.5.7. Construcción del sistema de lixiviación

Atendiendo las definiciones de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, un sistema de lixiviación de minerales de oro y plata se define como "*el conjunto de obras y servicios que integran el proceso de lixiviación en pilas de mineral de oro y plata de baja ley. Un sistema está constituido comúnmente por: [i] las obras del patio; y [ii] la planta metalúrgica para la extracción del oro y la plata de la solución preñada"* (SEMARNAT, 2010, pág. 13 del DOF o 4 NOM) para el fin **presenta la Figura II.34** que a continuación se observa:

Figura II. 34. Representación esquemática de un sistema de lixiviación



Es decir, para conformar un sistema de lixiviación de minerales de oro y plata, se requiere **un patio de lixiviación**, que de acuerdo con la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, se compone típicamente del *conjunto de obras y servicios que integran el proceso de lixiviación en pilas de mineral de oro y plata de baja ley. Un patio de lixiviación está constituido comúnmente por: [i] una o varias pilas construidas sobre una plataforma donde la base ha sido impermeabilizada para impedir la infiltración de la solución lixiviante; [ii] una pileta para la recolección de la solución preñada; [iii] una pileta de*

emergencia o de sobreflujo; y [iv] una pileta para la recolección de la solución gastada (SEMARNAT, 2010) y una **planta metalúrgica** para la extracción del oro y la plata de la solución preñada. Estas definiciones son importantes, ya que la técnica para la construcción de los elementos de obra difiere entre el patio d lixiviación y la planta metalúrgica, por ello en este apartado se realizará la diferenciación entre ambos conceptos.

2.2.5.8. Construcción del patio de lixiviación

Como ya ha sido resaltado, las obras de patios de lixiviación son finitos en cuanto a su capacidad para el tratamiento de minerales, debido a que su superficie como su volumen son limitativos, ya que los apilamientos dispuestos en su interior a partir del tendido de camas ascendentes superpuestas se ven restringidos a un límite, ante la capacidad retentiva de las celdas que integran un patio conforme a su **Plan de Cargado** y bajo los parámetros de los taludes de diseño (particular de cada cama y general del montón) derivados de los análisis de estabilidad realizados, ver planos en anexo 09-01. Los patios cuentan con un atributo particular por tratarse de obras que, una vez preparadas, **conllevan etapas de construcción, operación y mantenimiento que se presentan encadenadas en un periodo de tiempo**. Las camas que conforman los montones de mineral en las distintas celdas conforme se avanza tanto en la explotación como en la etapa de lixiviación, se preparan, construyen y operan en forma independiente ante el manejo selectivo que debe hacerse para la solución preñada que drena de cada montón que se está tratando, presentándose el mismo tipo de rutinas bajo un tiempo de lixiviación que es constante conforme a la masa y contenidos de los valores presentes de cada lote de mineral que se recibe para su procesamiento al interior de la plataforma de trabajo del patio.

De manera secuencial, a partir de una plantilla de trabajo creada en el terreno durante la etapa de preparación, se inician propiamente las actividades de construcción para crear las condiciones que se requieren en la subrasante del terraplén **tanto en las áreas**

internas planas o semiplanas del interior del patio, como en aquellas **zonas perimetrales donde se presenten pendientes por la propia topografía del terreno**.

En el cuadro siguiente se describen las etapas que se presentan en la etapa constructiva del patio de lixiviación, considerando desde las primeras obras que preceden a la etapa de preparación hasta el inicio del plan de cargado del mineral que se someterá a los ciclos de lixiviación.

Tabla II. 34. Etapas constructivas del patio de lixiviación

Etapa No.	Descripción de las actividades constructivas del Patio de Lixiviación
1	Terminado del camino perimetral del patio de lixiviación que sirve de acceso y en todas las actividades de las etapas de preparación, construcción, operación, mantenimiento, restauración y cierre; dejando una corona de 8 a 10 m de ancho dependiendo del costado del patio (8 m mínimo), y una pendiente negativa con dirección a las bermas perimetrales.
2	Colocación de la red de tubería del sistema de subdrenaje en las trincheras que fueron preparadas en la cimentación del terreno sobre la plantilla del patio de lixiviación. Una vez colocadas las tuberías y acoplamientos hidráulicos se cubrirán con grava de especificación envolviendo una sección de 1.5 m de lado con geotextil drenante no tejido de 405 g/m², terminando con un relleno estructural de más grava para cubrir las trincheras.
3	Sobre la superficie de la cimentación del basamento natural del lugar, una vez que la subrasante del terreno quede lista mediante las actividades de la etapa de preparación, se colocará la Sub-base arcillosa como primer elemento del recubrimiento compuesto, con actividades de bandeo en capas de 15 cm, nivelación y compactación, hasta el punto de especificación suficiente para obtener 30 cm de espesor, compactando la Sub-base arcillosa hasta un 95% de la prueba Proctor estándar.
4	Sobre la Sub-base arcillosa se tenderá la geomembrana HDPE de 80 mil de espesor en zonas planas intercalando geomembranas lisas y texturizadas, así como recubrimiento tipo GCL en zonas de mayor pendiente; con empalmes realizados por extrusión, soldando y uniendo las capas del interior del patio con los recubrimientos de las bermas perimetrales.
5	Construcción de la berma perimetral de seguridad del patio dejando una franja de exclusión entre el pie del talud de la primera cama de los montones al interior del patio y el talud de la berma (4 m nominal y 6 m en la zona de contacto entre el patio y la tepetatera). La berma tendrá una sección trapezoidal con taludes de 2.5H:1V hasta 2.75H:1V dependiendo del costado del patio, con altura mínima de 1.5 m, una base de 1 m y el mismo terminado de recubrimiento compuesto del patio de lixiviación (Sub-base arcillosa y recubrimiento de geomembrana), obrando las bermas como diques de cerramiento y anclaje de la geomembrana que cubre la plataforma.
6	En las cepas preparadas por excavación ya sea en los remates que acometen hacia las bermas perimetrales del patio o bien hacia las bermas que delimitan los canales para el reclamo de solución rica, se construirán trincheras de remate y anclaje de la geomembrana mediante relleno con material compactado, siendo las cepas con dimensiones de 100 cm x 50 cm x 50 cm (profundidad x ancho x longitud).
7	Remate y sujeción de la membrana en las trincheras de anclaje ya sea en las bermas perimetrales libres o en las trincheras de las bermas que delimitan los canales con las redes de tuberías de solución rica drenada.

Etapa No.	Descripción de las actividades constructivas del Patio de Lixiviación
8	Instalación de la red de tubería de drenaje y colección de solución rica sobre el recubrimiento de geomembrana acorde con el diseño de la red de tuberías del Sistema para la Captación y Recuperación de Lixiviados (**LCRS**).
9	Colocación de la capa de grava de dren (overliner) encima de la tubería tendida sobre la geomembrana, para un espesor de 70 cm.
10	Construcción de los canales de sección trapezoidal del Sistema **LCRS** para las tuberías de solución preñada que drene desde las Celdas del patio hasta las piletas de solución para su alimentación al circuito del proceso **SART**. Los canales contarán con un sistema de recubrimiento compuesto que consiste en una Sub-base arcillosa y geomembrana de HDPE de 80 mil. De acuerdo con el ciclo de riego en que se encuentre la etapa de lixiviación (mineral en etapa de lixiviación temprana o mineral en fase de lixiviación secundaria o lavado), la solución preñada fluirá ya sea a la pileta de solución preñada (para mineral "nuevo") o a la pileta de solución gastada (para mineral "viejo" de lixiviaciones secundarias o etapas de lavado).
11	Delimitación y conservación del área de maniobras en el contorno externo del área del patio de lixiviación para aquellos costados donde se puede contar con esta franja de seguridad y amortiguamiento.
12	Inicio del plan de cargado de mineral sobre la capa de grava de dren de la plataforma interior del patio de lixiviación, conforman 8 camas para una altura de diseño final del apilamiento de 80 m, comenzando con el vaciado de mineral por medio de camiones sobre una rampa de acceso y continuando posteriormente con los módulos móviles y los sistemas apiladores radiales, formando camas de 10 m de altura de manera paulatina y dinámica en forma bandeada, con una distribución gradual sobre áreas de riego independientes (Celdas), con dimensiones variables en función de la topografía y área del patio que se esté trabajando, considerando una superficie máxima de riego activo permanente de 6 ha.

2.2.5.9. Construcción de la plataforma de lixiviación

La plataforma de lixiviación diseñada para el **Proyecto de Cerro del Gallo** mantendrá un área para la formación de camas de mineral equivalente a **1,083,100.00 m^2**, dividida en cuatro fases **de 320,400; 223,600; 319,300 y 219,800 m^2, respectivamente** Tal como lo señala la **Norma**, la plataforma contará con un sistema de recubrimiento compuesto, bajo los pasos que se describen, cuyo detalle se presenta en el plano siguiente y anexo 09-01:

- Posterior al desmonte y despalme, **se compactará formará la subrasante mediante bandeo y compactación de la superficie**, ésta tendrá la pendiente de diseño para el drenado por gravedad de las soluciones,

- Se colocará una capa de suelo de baja permeabilidad, compactado al **94≈95%** proctor, con 30 cm de espesor final, para una permeabilidad o conductividad hidráulica **más lento que de 1x10-^{6}** cm/s (centímetro sobre segundo).

Figura II. 35. Detalles del recubrimiento compuesto para la plataforma

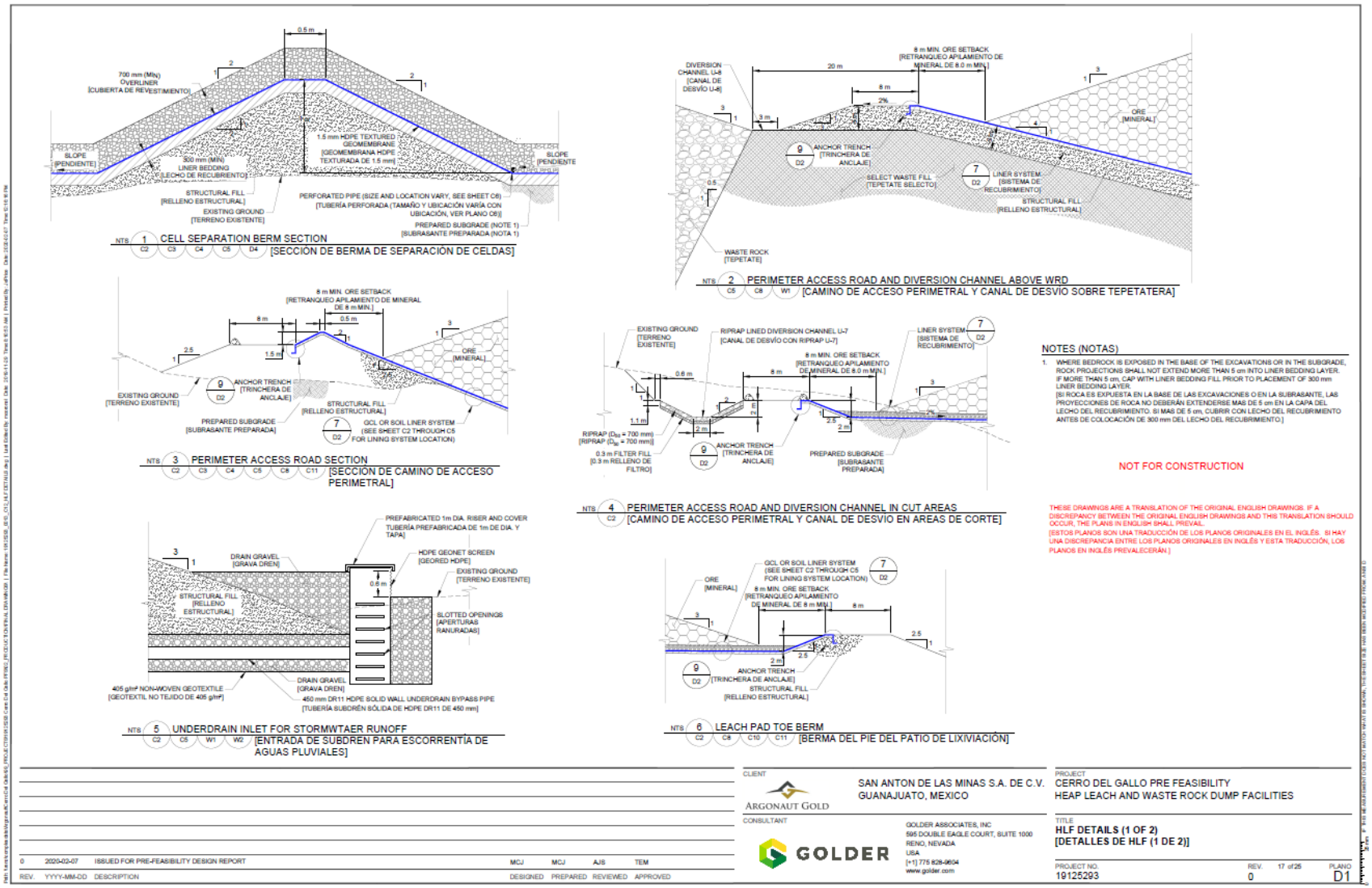
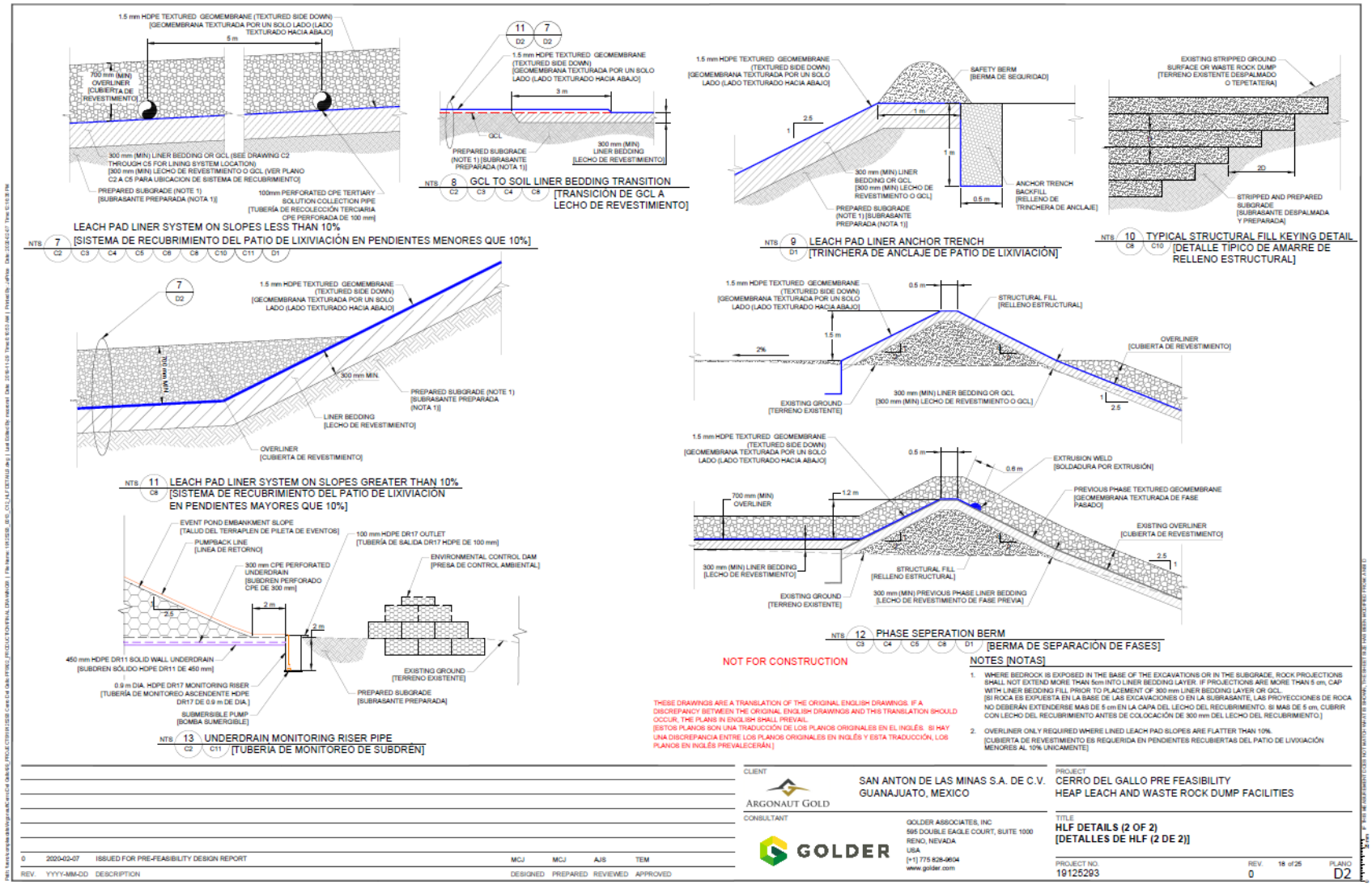


Figura II. 36. Detalles del recubrimiento compuesto para la plataforma.



- Sobre el recubrimiento de suelo de baja permeabilidad, **se colocará un segundo recubrimiento de Geomembrana primaria fabricada a partir de polietileno de alta densidad (HDPE)**, de 1. 5 mm de espesor (60 milésimas de pulgada) y texturizada por ambos lados.

Bajo esos conceptos, la plataforma de lixiviación contará con un recubrimiento del tipo compuesto a partir de una **Sub-base arcillosa (Clay Liner)** nivelada y compactada **de 30 cm promedio de espesor**, colocada en forma bandeada en capas **de 15 cm sobre el terreno preparado** (nivelado y compactado). Posteriormente se proseguirá con el tendido de una **geomembrana de HDPE** con espesor nominal de **60 milésimas de pulgada** (1.5 mm), empleándose secciones del tipo texturizada para cumplir con los requerimientos de seguridad y estabilidad, mientras que, en remates o áreas cercanas a taludes de mayor pendiente, **se podrá instalar un recubrimiento de geomembrana de arcilla geosintética (GCL)** para mayor adherencia y soporte a los esfuerzos de tensión en áreas no críticas para la estabilidad de la pila. En el cuadro se presentan los parámetros de los materiales de construcción de la Plataforma.

Tabla II. 35. Parámetros de los materiales de construcción de la plataforma

Parámetro	Valor	Comentarios
Espesor mínimo del suelo arcilloso	300 mm compactado	
Conductividad hidráulica del suelo arcilloso - más lento que	1.0 x 10-6 cm/s	
Recubrimiento de Geomembrana primaria	60-mil (1.5 mm) HDPE	Texturizado de ambos lados
Capa de drenaje sobre el recubrimiento - espesor mínimo	700 mm	Sin compactación
Capa de drenaje sobre el recubrimiento - densidad in-situ	1.75 t/m³	
Conductividad hidráulica de la capa de drenaje sobre el recubrimiento más rápido que	1.0 x 10^{-1} cm/s	
Sistema de Tuberías de Colección de Solución	HDPE Perforado CPE Perforado HDPE Pared solida	
Inclinación mínima de la tubería	1%	
Espacio entre las tuberías terciarias de colección	Variable con base en la pendiente	Promedio del Límite de la Cabeza Hidráulica al recubrimiento a 700 mm entre las tuberías de colección

Parámetro	Valor	Comentarios
Sistema de detección de fugas	Requerida debajo del patio y piletas	
Sistema de Tuberías de Detección de Fugas	50 mm PVC perforado	Bajo las tuberías primarias de colección y solamente canales de salida

Como se observa en los **planos anteriores** (*detalle 1 y las especificaciones para las etapas*) y se señala en el cuadro, sobre el recubrimiento de geomembrana de la plataforma patio se colocará un **relleno de grava de dren (Overliner)** con espesor de 0.7 m a base de grava y arena graduada sin compactar para la protección del Sistema para la Captación y Recuperación de Lixiviados (**LCRS**), el cual iniciará con una red de **tubería ranurada terciaria** construida a partir de polietileno de alta densidad (**HDPE**) con 4” de especificación **ADS N-12** que colectará y conducirá la solución rica drenada de las Celdas **hacia líneas de tubería secundaria de CPE de mayor diámetro** (10”, 12” y 18”), misma que reclamará **en la red de tubería primaria de HDPE** de 22” de pared lisa y no ranurada proveniente de cada una de las 8 Celdas que se construirán en la **plataforma de lixiviación**, red que irá dispuesta sobre el canal de reclamo de solución rica drenada por gravedad de sección trapezoidal ubicado al exterior de la berma perimetral y pie inferior del patio en su costado Este.

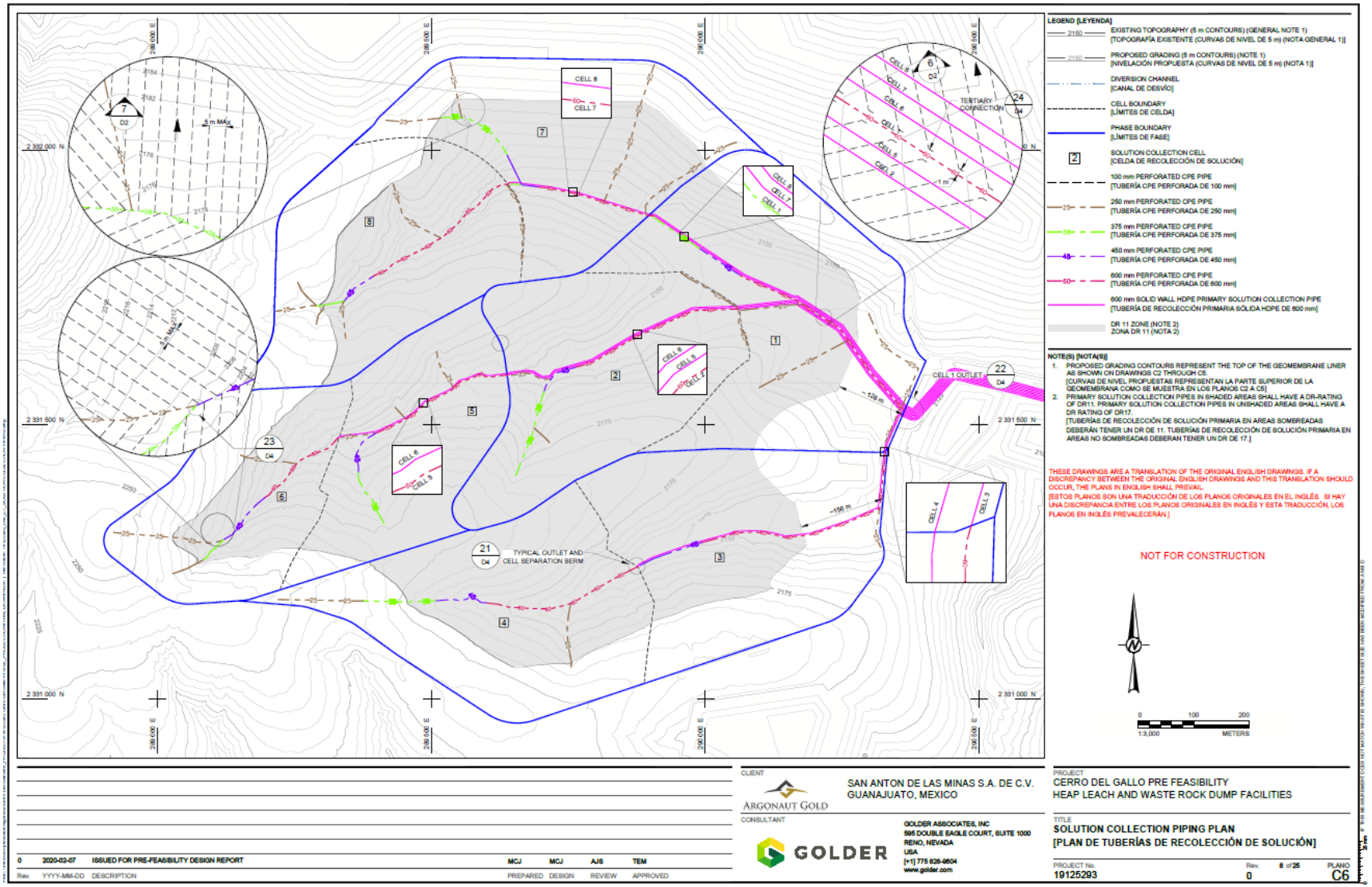
El diseño de la plataforma del patio de lixiviación **contempla la construcción de un sistema de subdrenaje**, cuya superficie quedará comprendida en la cimentación y área de la plataforma, el cual servirá para captar y conducir las aguas subterráneas provenientes de tormentas locales que puedan discurrir por debajo del patio. Dicho sistema **conducirá de manera independiente los flujos de agua de tormenta** y el agua subterránea que se origine dentro de los límites del terraplén de la cimentación, conduciendo y derivando el agua reclamada por debajo del sistema de recubrimiento compuesto hacia fuera de los límites de la plataforma y descargándose en los canales de derivación del perímetro del patio.

El subdrenaje consistirá en 5 trazos que estarán distribuidos espacialmente por debajo del sistema de recubrimiento del patio, colectando el agua por debajo de la superficie de

la plataforma, preparando y construyendo un **Sistema de Subdrenes del Tipo Francés con empleo de tubería ranurada** -*similar al instalado en la tepetatera*-, a partir de la excavación de una trinchera para instalar un canal de sección cuadrada con 1.5 m de lado (2.25 m^2) en su parte inferior, protegido por una capa de relleno estructural a base de material de grava graduada seleccionada e inerte, construyendo el canal mediante una camisa de geotextil drenante no tejido de poliéster con una densidad superficial de 405 g/m^2, con relleno de grava graduada de 1"~3" que protegerá un tubo ranurado de 10" de **PCPE** y que irá colocado en la base inferior del canal, reclamando en pendiente con dirección hacia los canales de derivación.

Para el sistema de subdrenaje descrito, se llevarán a cabo excavaciones y se removerán capas inestables subterráneas para colocar la tubería de **PCPE**, el subdrenaje estará protegido con relleno de grava **e hidráulicamente separado de los montones de mineral y de la solución lixiviante que se aplicará en las Celdas**, debido a la capa de recubrimiento compuesto de la plataforma que va colocado por encima del sistema de subdrenaje. En los planos siguientes se observan los trazos de los subdrenajes y el sistema de colección de soluciones mediante tuberías ranuradas. Una vez que se termine la 1ª Etapa de la plataforma, el drenado natural de agua meteórica proveniente de la parte Norte será bloqueada por la propia berma perimetral de la citada plataforma, colectando el agua de lluvia que provenga aguas arriba por medio de un tubo de 18" (de **HDPE** con especificación de **espesor de pared DR11**, equivalente a 1.63 mm), el cual se comunicará con un sistema elevador de **HDPE** de 1 m de diámetro, con tapa y ranuras para canalizar por gravedad el agua reclamada hacia los canales de derivación principales que se construirán en el área del proyecto y que se describen más adelante, permitiendo que el agua natural fluya libremente hacia la corriente natural **del arroyo Las Cuevas** que se localiza aguas abajo más alejado del sitio, hacia la porción SE del área donde se encuentran las piletas de soluciones.

Figura II. 37. Vista en planta del arreglo de la red de tubería (CCRS)



2.2.5.10. Construcción del canal de solución drenada del patio

Al pie del costado Este de la plataforma de lixiviación, **se construirá el canal de solución drenada por gravedad de las etapas 1 y 2 de esta obra donde reclamarán los sistemas de tuberías de cada una de las 8 Celdas operativas que se construirán durante la vida útil del patio al interior de las plataformas recubiertas de cada etapa**. El canal será construido con una sección trapezoidal con taludes internos de 3H:1V, para una altura de 2 m, un ancho de la base de 10 m y un ancho de la parte superior de 18 m, contando con un recubrimiento compuesto conformando por una **Sub-base arcillosa de 30 cm de espesor, una geomembrana texturizada en una sola cara de HDPE de 80 mil (2 mm)** para la parte de los taludes y paneles de **HDPE de 80 mil** colocados sobre la base de los canales, los cuales serán unidos mediante una técnica de extrusión continua para la hermeticidad del recubrimiento. La geomembrana correrá hasta una trinchera de anclaje que tendrá una profundidad de **1 m** y una sección cuadrada de **0.5 metros**, como se puede apreciar en siguiente plano, que muestra la sección y detalles constructivos del canal para colocación de tubería.

2.2.5.11. Sistema de detección de fugas de la plataforma

Como se mencionó, la **Plataforma de Lixiviación** se diseñó para Celdas en donde se lixiviará el mineral aglomerado. **Cada Celda**, contará con un sistema independiente **para detección de fugas**; que será observado en el canal de para la colocación de tubería de solución drenada de la Plataforma. El sistema detector de fugas para la plataforma de acuerdo con el diseño **inicia dentro del área de cada Celda**; ahí bajo la capa de geomembrana, pero sobre el suelo de baja permeabilidad, se coloca un geosintético denominado **J Drain®** y consiste en una lámina de polipropileno de alta resistencia impermeable perforado bajo calor y presión para formar un área de drenaje con perforaciones de alto flujo. El área captadora, está unida a una capa tejida para filtro. La tela de filtro retiene las partículas de suelo o mineral, permitiendo que en caso de una fuga la solución filtrada pase a la siguiente fase del sistema.

Figura II. 38. Sección y detalles constructivos del canal para la tubería

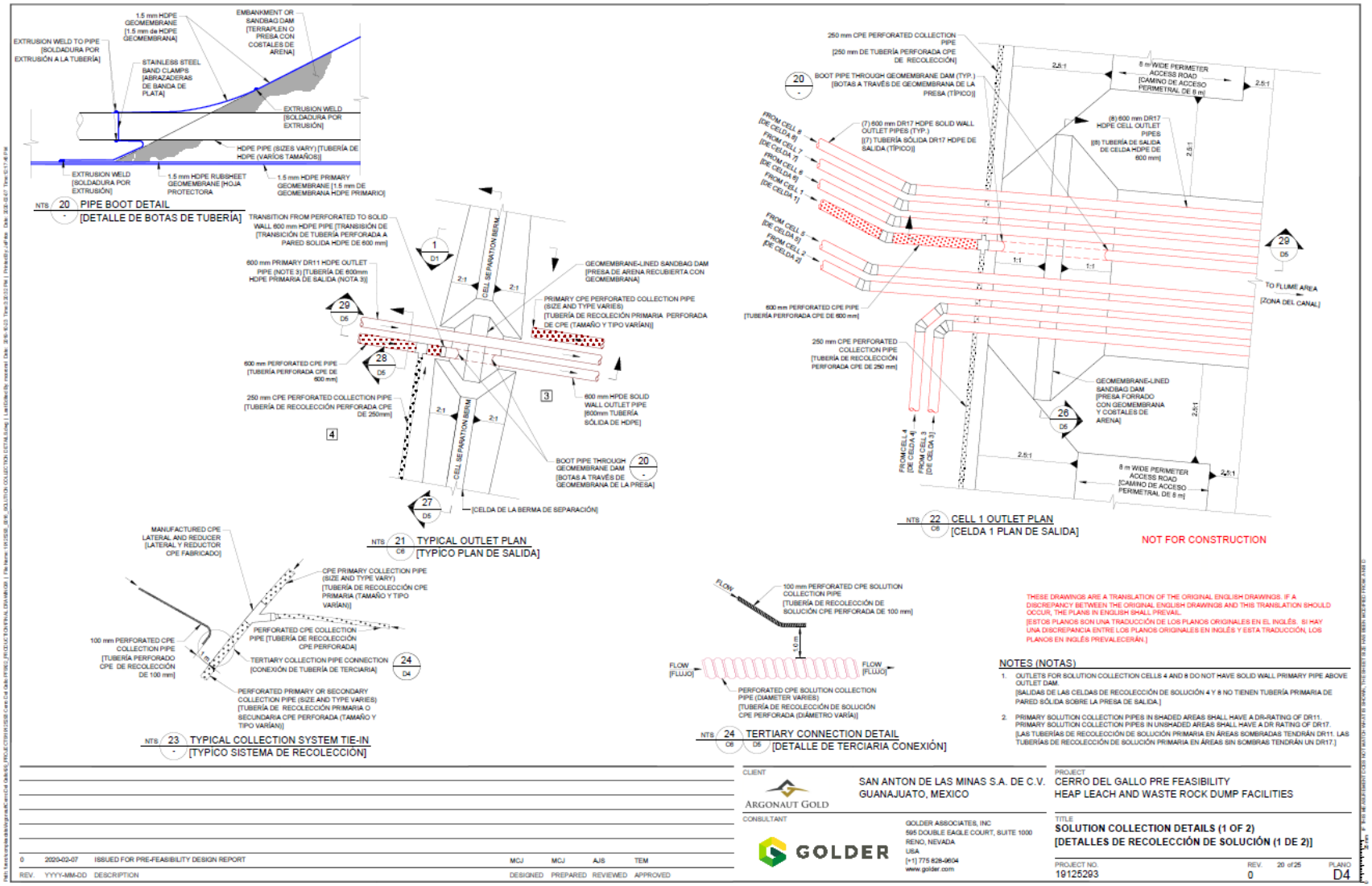


Figura II. 39. Planta con la división de las celdas y la tubería del sistema para detección de fugas de la plataforma

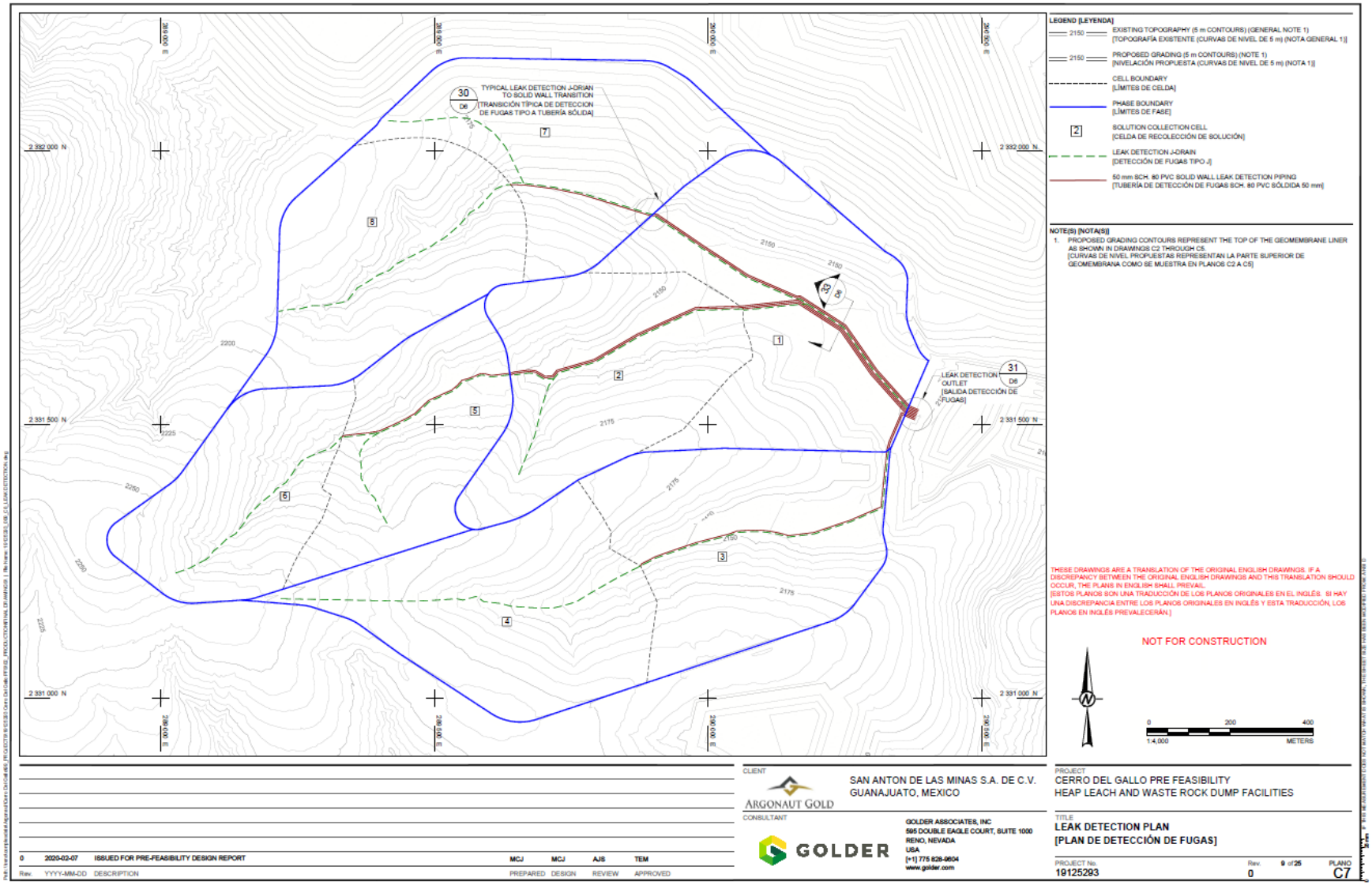
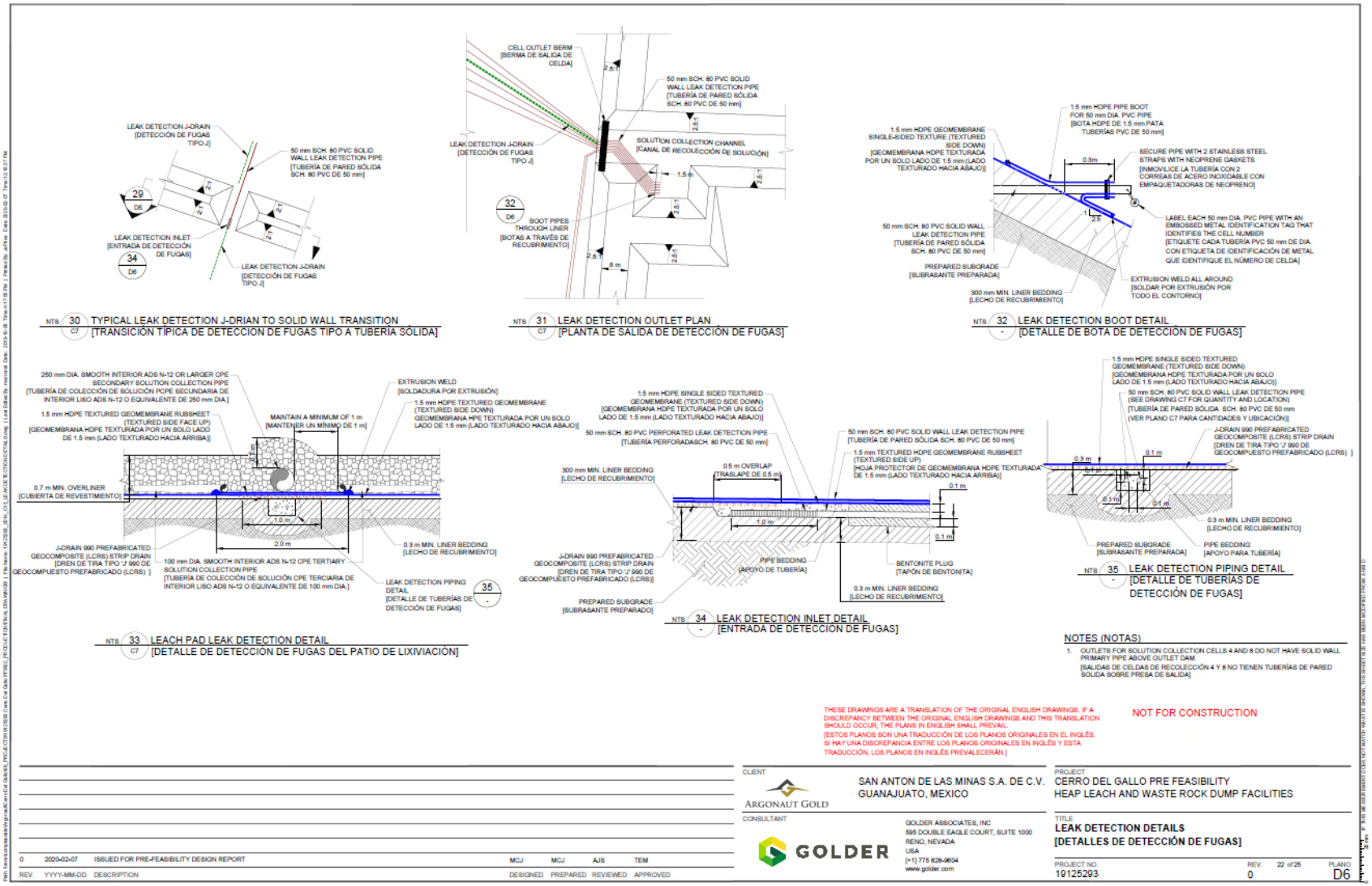


Figura II. 40. Detalles del sistema para detección de fugas de la plataforma



Aún en el sector del tubo ranurado, el **J Drain** se suelda a una geomembrana superior y posterior a la soldadura, ya en el área de la tubería sin perforaciones que drena en la pileta de solución rica, **se construye un sumidero de forma trapezoidal con taludes 2H:1H** y una base de 1.3 m.

El sumidero se impermeabiliza con una capa de suelo de baja permeabilidad de 30 cm; posteriormente con geomembrana **que se une bajo el J Drain**, por lo menos 60 cm antes de llegar al sumidero y el propio J Drain.

En la parte inferior del sumidero, solo en el sector que colinda hacia la pileta, se coloca una tubería de 50 mm de diámetro fabricada con polietileno de alta densidad. En el sector del sumidero, la tubería se encuentra perforada y sale de este sin perforar, para reclamar en la pileta de solución rica. El sumidero se rellena de material graduado y sobre éste se coloca la geomembrana unida al **J Drain** aún en el patio y otra capa de geomembrana. En los planos que prosiguen a la sección del canal, se presenta en planta y detalle los sistemas para detección de fugas.

2.2.5.12. Construcción de las piletas de soluciones

Se construirán dos piletas para el control y manejo de las soluciones del proceso y una para emergencias:

- **Pileta de Solución Preñada** (volumen total de almacenamiento por debajo del bordo libre de 74,500 m^3),
- **Pileta de Solución Intermedia** (volumen operativo de 4,160 m^3, volumen total de almacenamiento por debajo del bordo libre de 87,500 m^3)
- **Pileta de Emergencias** (volumen de almacenamiento por debajo del bordo libre de 377,200 m^3).

Las piletas contarán con doble recubrimiento de geomembrana sintética y geomalla intermedia a partir de una Sub-base arcillosa nivelada y compactada de **aproximadamente 30 cm de espesor**. El recubrimiento inferior o secundario consistirá

en una **geomembrana texturizada de HDPE de 60 mil de espesor (1.5 mm)** en tanto que el recubrimiento superior o primario será **de HDPE con un espesor de 60 mil (1.5 mm)**, rematando las geomembranas en una berma perimetral en la parte superior que contará con una trinchera de anclaje de 1 m de profundidad y una sección cuadrada de 0.5 m, donde se colocará un relleno estructural para sujeción de la geomembrana. Los taludes de diseño de las piletas son de **2.5H:1V**, contando con sistemas de bombeo, canaletas de muestreo y vertedores comunicantes de 5 m de ancho, 0.6 m de altura y taludes internos de **3H:1V**, para el control de toda la solución del proceso más al agua contingente que se llegue a presentar en temporada de lluvias.

Las piletas contarán con **un sistema detector de fugas conformado por tuberías para registros de medidas y la toma de muestras en caso necesario**, un cárcamo recolector en el fondo de las piletas de 6 m de lado con un talud interior de **2.5H:1V**, el cual irá conectado a una tubería elevadora (***Riser*** *por su nombre en inglés*).

Esta tubería subirá desde el cárcamo inferior a través del talud de las piletas, **contando con un sistema de recubrimiento compuesto envolvente a partir de su colocación sobre una cama de suspensión de arcilla nivelada y compactada de 30 cm** de espesor, protegida en la cota superior por un doble recubrimiento de geomembrana de **HDPE** de 60 mil (membrana primaria) y 60 mil (membrana secundaria) con geomalla en la parte intermedia, sirviendo el Riser para la detección de solución en el caso de que se llegara a presentar alguna fuga a través del sistema de recubrimiento.

Para la unión de las geomembranas se aplicarán métodos de sellado por fusión térmica, realizando sellados de prueba previos para verificar las condiciones de temperatura que se deben aplicar, llevando a cabo la unión de las geomembranas, las cuales serán sujetas a **pruebas sello no destructivos**, mediante vacío y por presión de aire, así como pruebas del tipo destructivas en cortes de muestras para comprobar la calidad de las uniones.

Figura II. 41. Vista de las secciones del patio de lixiviación y piletas

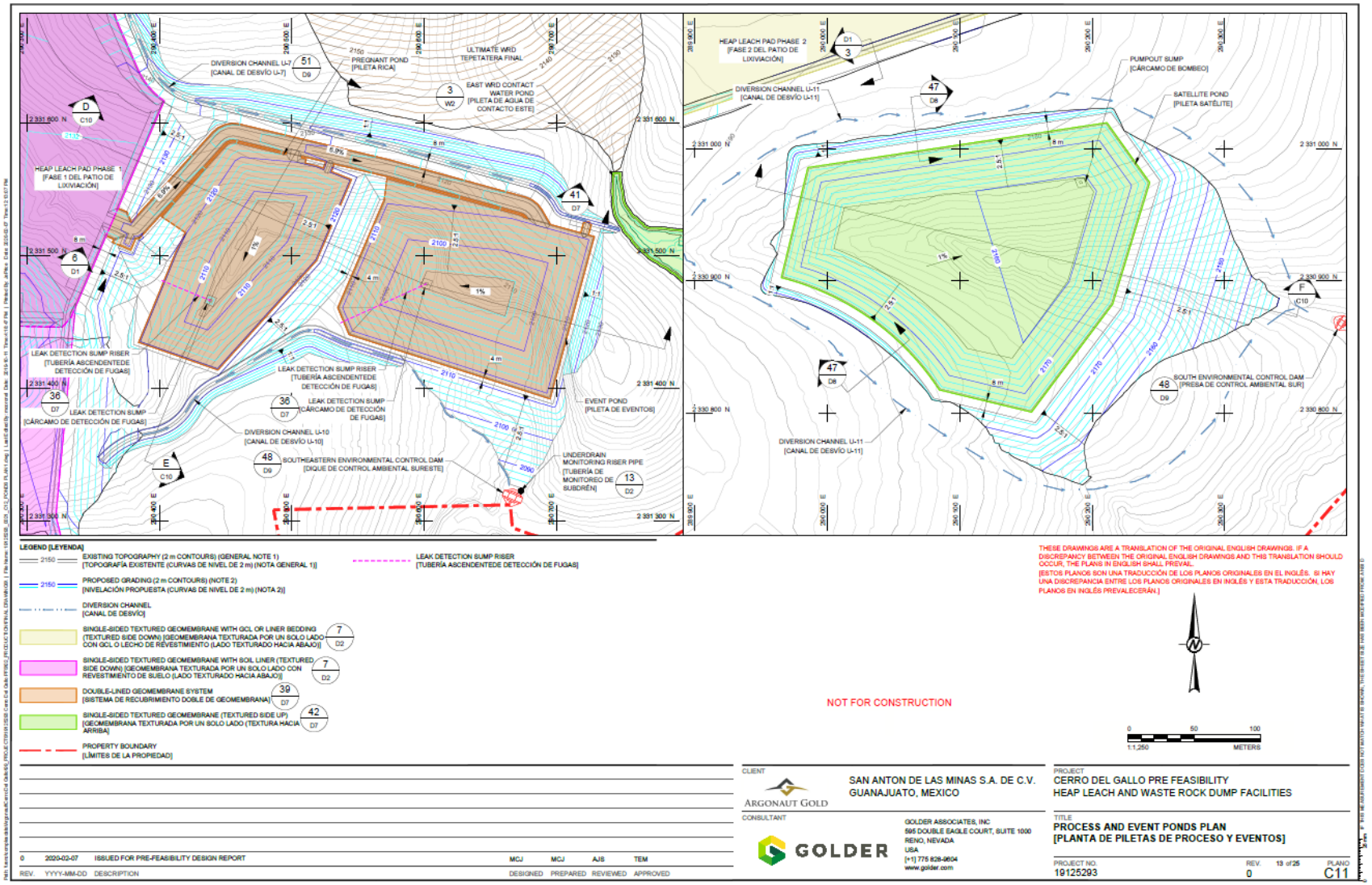
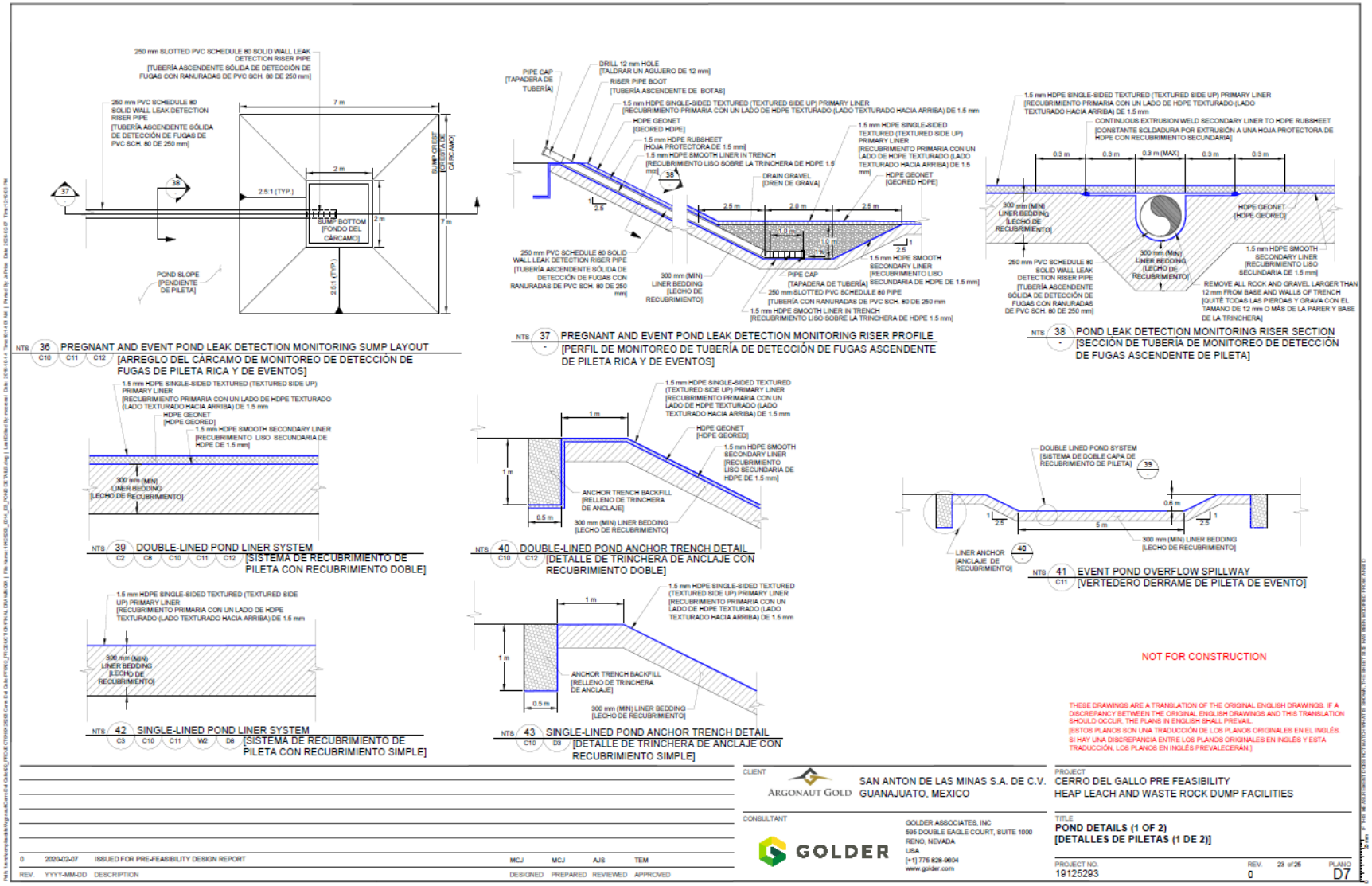


Figura II. 42. Detalles del sistema detector de fugas de las piletas de soluciones



De igual manera para la construcción de las piletas se debe contar con caminos de acceso de 8 y 10 m de ancho y áreas perimetral en cada pileta; obras que servirá para las actividades de todas las etapas de las obras; con cercado externo de malla ciclónica para evitar el acceso. En el plano siguiente, se observan las piletas y los detalles constructivos de los sistemas detectores de fugas.

2.2.5.13. Análisis de estabilidad del patio de lixiviación

El patio de lixiviación consistirá en dos etapas secuenciales en el tiempo que se construirá al Norte de la planta de proceso y al Sur de la tepetatera **sobre un terreno plano bajo la clasificación** topográfica en la República Mexicana que se establece en el **Cuadro 2** de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**.

Conforme a la capacidad de tratamiento nominal de **84.159 Mt de mineral**, se diseñó un patio dividido en cuatro etapas constructivas por parte de la empresa consultora global **Golder Associates Inc**., conforme se vaya avanzando en la explotación y lixiviación de minerales.

El sitio de desplante del patio de lixiviación se encuentra sobre un terreno conformado por roca sedimentaria de poca profundidad, con rocas de limonita (óxido hidratado de hierro) y trozos de rocas de lodos calcáreos y partículas graníticas, cubriendo estas rocas una capa delgada de limos coluviales arcillosos de baja plasticidad. El lecho de la roca sedimentaria intemperizada y de baja a muy baja resistencia, es arcillosa en algunas áreas y muy intemperizada en otras, no encontrándose agua subterránea en el subsuelo vinculado con el patio.

Para fines de un diseño seguro y estable, el patio de lixiviación fue sometido a un **Análisis de Estabilidad de Taludes**, ver anexo 08-06 tomando como base las características geotécnicas de los materiales que intervienen, desde el mineral hasta los elementos constructivos que se utilizan en las obras, las propiedades de las rocas de la cimentación y las que están presentes en el basamento profundo del lugar.

Para ello se tomó como base para el apilamiento de las cargas minerales **un peso volumétrico de diseño de 1.93 t/m^3**, taludes particulares expuestos en las camas de mineral de **1.5H:1V**, con una **altura nominal por cama de 10 m**, taludes de los rellenos estructurales utilizados en la nivelación del sitio de la celda de **2H:1V**, y **una altura final de 80 metros hasta la cresta de la pila como límite para la 1ª y 2ª Etapa del Patio de Lixiviación**.

Para el diseño de los montones proyectados se desarrolló un modelo conceptual considerando la geometría y propiedades de los principales materiales que intervienen en la obra, desde el mineral, los materiales de la cimentación, el sistema de recubrimiento compuesto y los resultados de los materiales de relleno como de los obtenidos en los sondeos geotécnicos de prueba que se realizaron en el basamento del lugar donde se proyectan las etapas del patio de lixiviación.

Golder refiere en su proyecto de ingeniería, que mediante un programa de cómputo (*SLIDE Versión 6.0, RocScience, 2010*) se llevaron a cabo simulaciones bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas, empleando la técnica del equilibrio límite a lo largo de secciones críticas para localizar las superficies teóricas de falla, en conformidad con la **NOM-155-SEMARNAT-2007**.

Los **modos de falla** analizados y considerados como viables en este caso fueron del tipo circular y de bloque, asumiendo que los modos de fallas circulares, generalmente se presentan y fallan a través de la parte firme de la base del patio o en la capa del material de la sub-base arcillosa, esto es en las zonas de posibles deslizamientos.

Golder indica a su vez que se realizaron análisis sobre **las secciones transversales 1 y 2** del patio de lixiviación, utilizando un método de análisis bajo el **Procedimiento de Dovelas** de Spencer (Spencer, 1967) con un **Factor de Seguridad** (FS) determinado por la división de la fuerza cortante disponible entre la fuerza cortante requerida para

mantener la estabilidad, teniendo en cuenta que los valores de referencia de los **FS** resultantes a comprar son de 1.5 para el análisis estático y de 1.05 para el análisis pseudoestático que considera esfuerzos accidentales debidos a un sismo.

Para los parámetros a considerar en un evento sísmico, la práctica estándar es diseñar patios de lixiviación que tengan una relativa baja consecuencia de movimiento, en regiones de características penesísmicas como la del proyecto, empleando una aceleración pico del terreno (**g**) para un periodo de retorno de 475 años. El valor de **g** aplica tanto para la etapa de operación como posterior al abandono del lugar, asumiendo que la pila de mineral será lavada y que permanecerá drenada al final de su vida útil.

Cabe señalar que si bien no es un criterio que se siga en las modelaciones y diseño de pilas de lixiviación, **Golder evaluó el impacto que se presentaría ante sismos de mayor magnitud para el análisis pseudoestático**, para un sismo con un periodo de retorno de 2,500 años, así como la aceleración en un escenario del **Sismo Máximo Creíble** (SMC). El objetivo de estos análisis adicionales fue enfatizar la confianza sobre la estabilidad del diseño del patio que se propone.

De manera similar a los análisis de estabilidad de la tepetatera, **Golder consideró valores de la aceleración para periodos de retorno de 475 y 2,500 años**, e incluyó también el escenario del **Sismo Máximo Creíble**, empleando el valor del percentil 50 para la atenuación k_H de los valores de "**g"** relacionada con el sitio del proyecto para los periodos de retorno de 475 y 2,500 años.

El valor de "**g**" determinado, fue de **0.08g**, empleándose para el caso del análisis pseudoestático del patio de lixiviación un valor de k_H de **0.04g**, y para el periodo de retorno de **2,500** años donde el valor de "**g**" fue de 0.12g, el valor de k_H empleado fue de **0.06g**, mientras que para el escenario **SMC** donde la **aceleración** determinada fue de **0.09g**, el coeficiente k_H que se utilizó en los análisis pseudoestáticos fue de **0.045g**. Bajo estas consideraciones fundamentales, el análisis de estabilidad **se enfocó al**

establecimiento de la limitación del ángulo que debe tener el talud y pendiente de las camas en las celdas, **la altura de las camas que la conforman**, así como **la altura máxima y la configuración final** que debe tener la obra de todo el apilamiento para mantener una estabilidad adecuada.

Los supuestos básicos que fueron hechos por **Golder** para el análisis de estabilidad bajo la técnica del equilibrio límite fueron los siguientes:

- Se anticipa que se llevará a cabo la extracción y remoción total de la capa de suelo superficial en la cimentación del patio de lixiviación
- El sistema de recubrimiento compuesto de la plataforma se considera como una capa delgada en la base y fondo del patio,
- El nivel freático del agua se encuentra significativamente profunda, por lo que no afecta la estabilidad del patio
- La porción Oeste del patio **se localiza aproximadamente a unos 30 m del límite máximo del polígono del tajo**. Los parámetros del material de la cimentación utilizados en el análisis son conservadores y bajos debido a la variabilidad de los materiales presentes en el basamento, asumiendo paredes estables en el tajo con valores más altos de cohesión y ángulo de fricción interna. Basándose en esta consideración se anticipa que la carga de la masa del patio de lixiviación **no afectará la estabilidad general de las paredes del tajo que se encuentran en vecindad respecto de los costados Oeste de la tepetatera y del patio de lixiviación**, recomendándose que se verifique esta estabilidad mediante análisis confirmatorios.

El modelo estratigráfico utilizado por **Golder** para las instalaciones del patio de lixiviación fue como sigue:

- Capa de mineral seguido de un sistema de recubrimiento compuesto de arriba hacia abajo de 700 mm de capa gravosa de dren, una geomembrana de 80 mil de HDPE lisa sobre un relleno de Sub-base arcillosa nivelada y compactada de 300 mm;

- Los materiales de la cimentación;
- El sistema de recubrimiento compuesto, consistente de varias capas que interactúan, simplifica en el modelo de estabilidad al representarlo como una sola capa, con una fuerza de cohesión de variable y un ángulo de fricción interna variable.

La evaluación de los análisis de estabilidad realizados por **Golder**, se enfocó en tres tipos de fallas potenciales para cada sección crítica:

- **Falla de bloque (no circular) estática.** - Para la evaluación de mecanismos de falla que se desarrollen a lo largo de zonas de debilidad, tales como a lo largo de la interfaz de la geomembrana y la Sub-base arcillosa.
- **Falla circular generalizada estática.** - Para evaluar las probables fallas que se traduzcan en una falla total a través del talud general de la pila del patio, desde la corona de la pila hasta el pie del talud de los montones.
- **Falla del tipo circular para las cotas profundas donde se encuentra la cota del terreno de cimentación y la roca más profunda que compone el basamento**. - Para mecanismos de falla que se llegaran a presentar a través de la altura total del talud y que se extendiera hacia la parte inferior de la obra, donde se encuentran los materiales naturales que conforman el basamento del patio.

La falla de bloque está definida como el deslizamiento que inicia en la parte superior del mineral y al pie de talud donde se localizan rellenos en algunas secciones; mientras que la falla circular generalizada se define como el deslizamiento que incluyen varias capas de mineral que puede impactar todo o parte del talud del mineral incluyendo aquellas secciones con rellenos.

Las propiedades de los materiales que se utilizaron en la modelación del análisis de estabilidad se presentan en la tabla siguiente:

Tabla II. 36. Propiedades materiales para el análisis de estabilidad del patio

MATERIAL	UNIDAD DE PESO	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA φ
	kN/m³	(kPa)	(°)
Mineral	19.0	0	33
Interfaz de la geomembrana lisa de HDPE 60 mil y tipo GCL en áreas no críticas	17.0	0	5
Interfaz de la grava de dren / Geomembrana / Sub-base Arcillosa	17.0	0	19
Parte subsuperficial de la cimentación	20.0	0	30
Roca del basamento	24.0	100	33
Notas: (1)	*Simbología de unidades del Sistema SI:*		
	kN/m³ = Kilonewtons por metro cúbico		
	kPa = Kilopascales		

Factor de seguridad (FS)

Como se observó anteriormente el análisis de estabilidad consideró 2 secciones transversales y la altura final del apilamiento para el caso del patio de lixiviación. Los resultados de las modelaciones son los que se aprecian en la tabla siguiente:

Tabla II. 37. Resultados del análisis de estabilidad del patio

FS para el análisis estático y cada modo de falla				
Sección	**Tipo Bloque**	**Talud general**	**Rocas de la cimentación**	**Rocas del basamento profundo**
1	1.53	2	2.22	3.48
2	1.88	2.31	2.15	3.57
	FS para el análisis pseudoestático y cada modo de falla			
Sección	**Tipo Bloque**	**Talud general**	**Rocas de la cimentación**	**Rocas del basamento profundo**
1	1.24	1.8	1.95	3.01
2	1.32	1.82	1.9	3.01

Basándose en prácticas estándares de la industria, los requerimientos mínimos de diseño que utilizó **Golder** para el patio de lixiviación y bajo las secciones 1 y 2 que fueron analizadas, se obtuvieron factores de seguridad **FS** mayores de **1.50 para la estabilidad estática** y de **1.05 para condiciones accidentales por sismo o explosión**, observando que el menor valor fue de **1.24 para la sección transversal 2 en el análisis pseudoestático** y el modo de falla del tipo bloque, encontrándose sin embargo **un 18% por encima del valor del factor de seguridad mínimo**. Con base a lo anterior se puede concluir que los resultados del análisis de estabilidad del patio de lixiviación cumplen con

la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, la cual establece que el **Factor de Seguridad** (**FS**) mínimo contra deslizamiento de taludes en la pila **será de uno punto cinco** (1.5) para condiciones estáticas y de **uno punto cero cinco** (1.05) para condiciones dinámicas, con el fin de establecer la inclinación de los taludes en las diversas etapas de desarrollo.

2.2.5.14. Construcción de la planta metalúrgica

Una vez que se tenga preparado el terraplén y realizadas las excavaciones en la plantilla de la planta de proceso, se procederá a colocar las cimbras para el colado de las bases y loza de los circuitos de los procesos **SART**, **ADR** y la **Refinería**, ver arreglo en anexo 09-02 dejando listas las preparaciones de los sumideros, diques perimetrales de cerramiento y las zapatas de las columnas que soportarán las estructuras de los diversos equipos y techo de la nave de esta planta, la cual recibirá la alimentación de la solución preñada proveniente del patio de lixiviación a través de tuberías y sistemas de bombeo de las piletas de solución rica para mineral “nuevo” e intermedia para mineral “viejo” de ciclos secundarios de riego o de etapas de lavado.

En la etapa de construcción se llevará a cabo la instalación de escaleras, rejillas, pasamanos, rieles de las grúas de apoyo, luminarias, tuberías, sistemas de bombeo, tanques agitadores, espesadores, filtros y sistema de extracción, conducción y lavado de gases del circuito **SART** junto con los tanques de preparación de reactivos de esta área; instalación de columnas de adsorción, de elusión, lavado ácido y de neutralización del área de regeneración del circuito **ADR**, incluyendo sus tuberías y sistemas de bombeo servicios de apoyo cuartos de supervisión, CCM, cableados eléctricos, oficinas y servicios del personal. Asimismo, se construirán las bases, soportes estructurales, tuberías, sumideros, oficinas y bóveda del área de la **Refinería**, instalando los sistemas de bombeo, celdas electrolíticas, filtro, secador, rectificadores, horno de fundición y el sistema de extracción y lavado de emisiones. Los servicios de tanques de diésel, almacén de cianuro y bodegas de los demás reactivos del proceso **ADR** junto con el área de preparación de cianuro, se localizarán en los costados del mismo terraplén, recalcando que las tres áreas fundamentales del proceso de beneficio (**SART**, **ADR** y la

Refinería) se construirán en una sola nave industrial en área vecinas perfectamente delimitadas para cada una de las etapas unitarias que comprende cada circuito del proceso.

Los elementos y materiales constructivos consistirán en concreto armado con diversas especificaciones de resistencia a la compresión (f`c) dependiendo del colado de cimentaciones de equipos, zapatas de columnas estructurales, lozas de pisos sujetos al soporte de grandes pesos, diques, dalas de cerramiento y columnas en cuerpos de oficinas. También se emplearán diversos elementos estructurales, vigas y perfiles de acero para la construcción y soporte de la nave industrial.

2.2.5.15. Construcción de infraestructura para servicio de la mina

Las obras que será necesario construir para el funcionamiento de la **Cerro del Gallo** (hoy proyecto), ver arreglos en anexo 09-02, así como aquellas indispensables para cumplir con los parámetros y condiciones establecidas en la **LGEEPA**, sus **Reglamentos** y **Normas Oficiales Mexicanas**, de manera general consistirán en los rubros siguiente:

2.2.5.15.1. Construcción de talleres de maquinaria pesada

Para el mantenimiento de la maquinaria pesada y camiones de acarreo de las actividades de explotación minera se contará con talleres de mantenimiento **con toda la infraestructura necesaria para equipos de grandes dimensiones**, incluyendo oficinas, almacén de herramientas, área de lavado de equipos, tanque de almacenamiento de diésel en dique de contención, áreas de estacionamiento y servicios sanitarios entre otras facilidades. El área del taller de la mina se localizará en la parte Sur del área industrial y en el costado Oeste de la caseta de acceso del predio de la Unidad Minera. En la **siguiente figura**, se incluye la distribución de las áreas de oficinas y servicios de los talleres de mantenimiento de la mina.

Figura II. 43. Arreglo de equipos de la planta

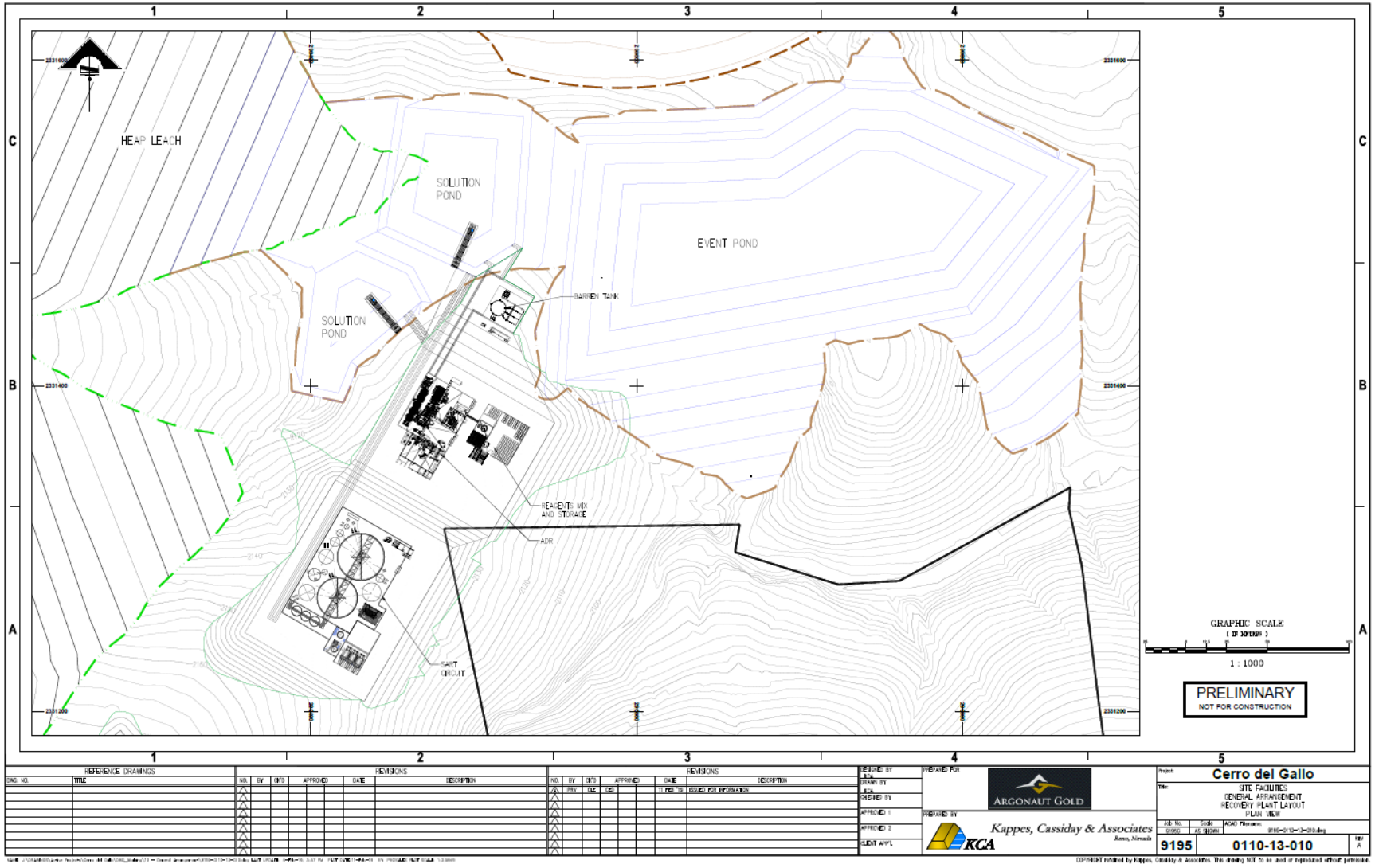


Figura II. 44. Áreas de oficinas y servicios de los talleres de mantenimiento

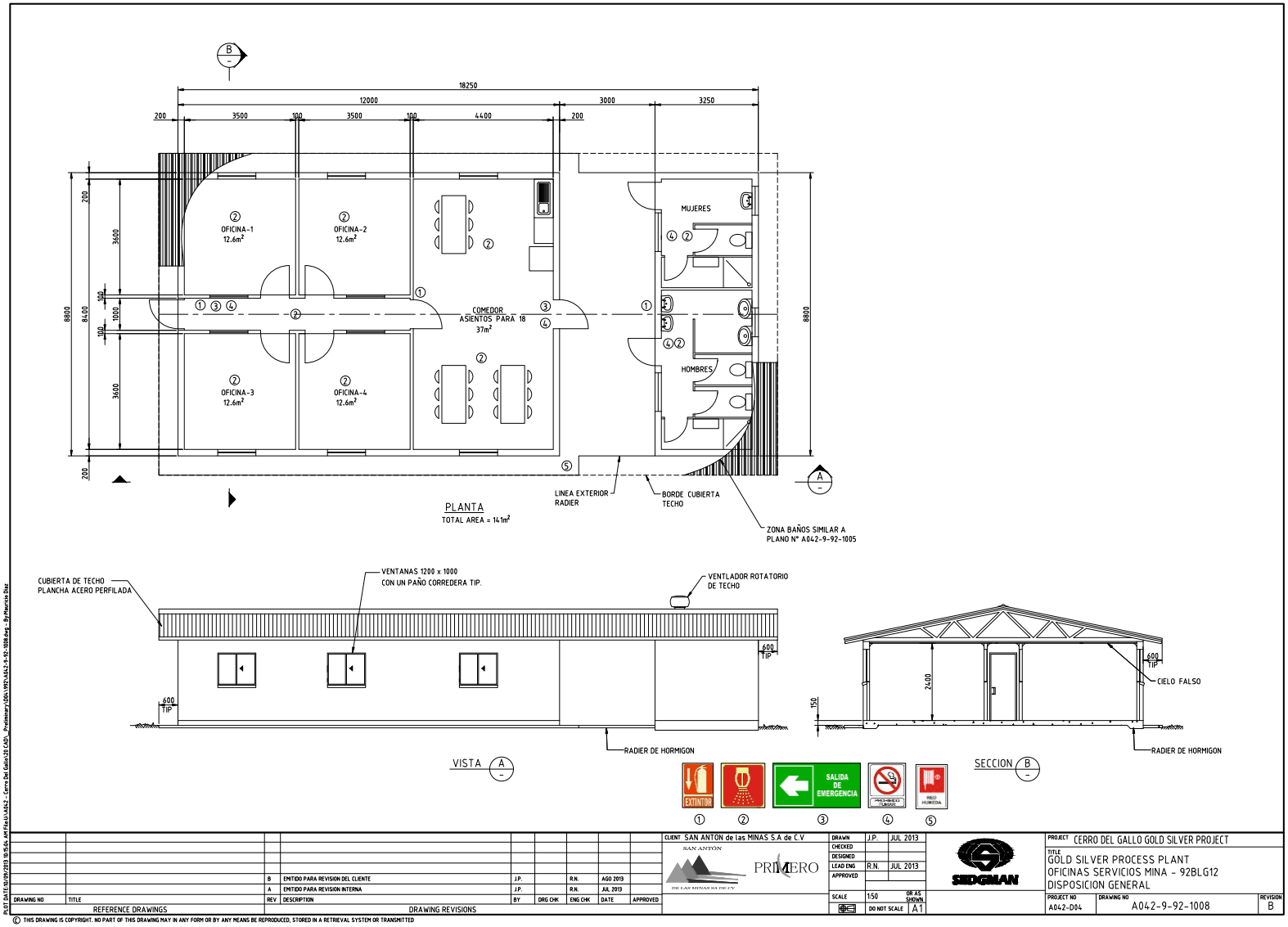
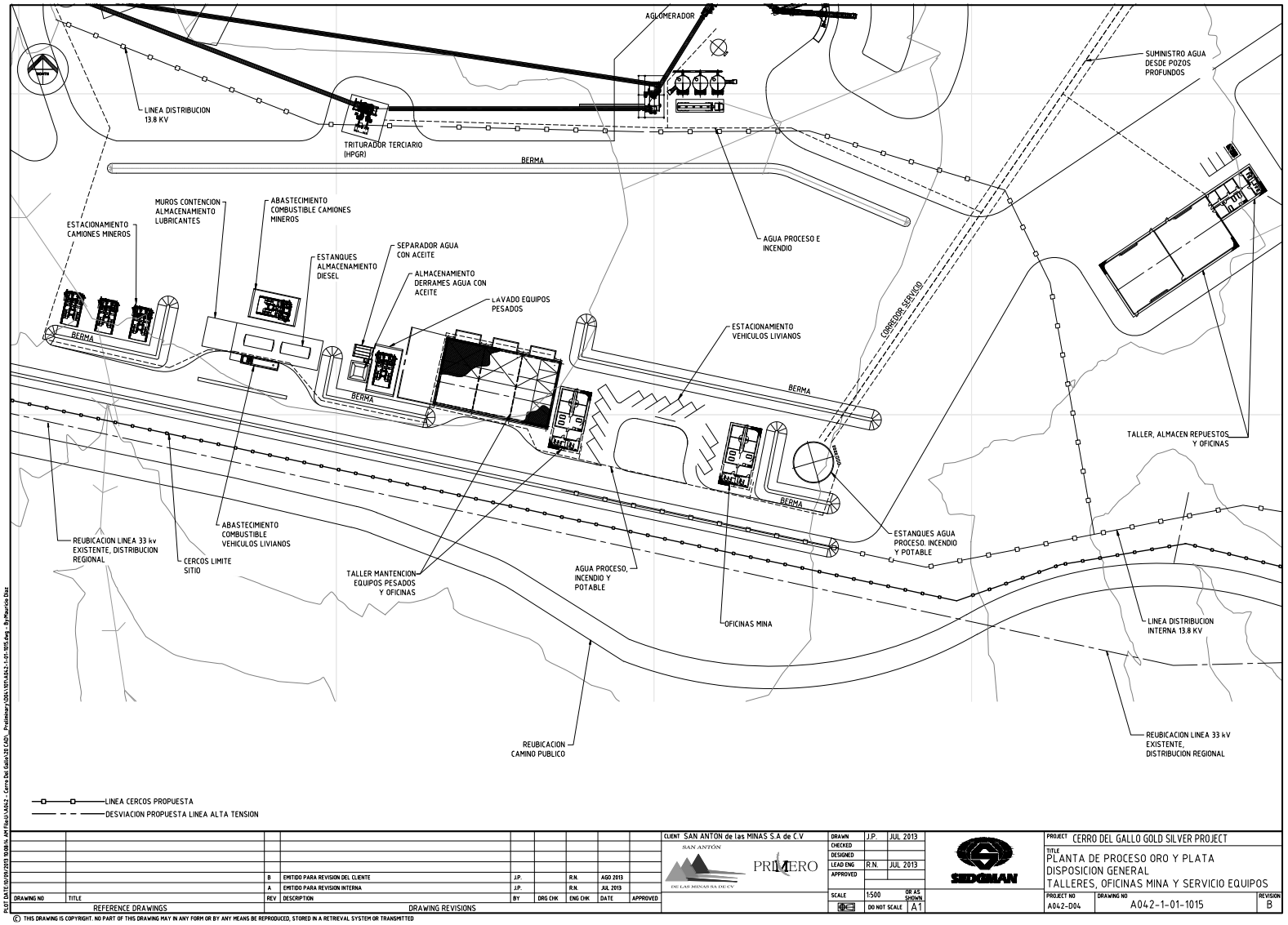


Figura II. 45. Arreglo general del área de talleres



2.2.5.15.2. Construcción de polvorines

Para las operaciones de explotación minera se demanda de la utilización de materiales explosivos, agentes explosivos y artificios para la detonación de las voladuras que permitirán la remoción y extracción de los minerales y roca estéril que subyacen en el yacimiento del Cerro del Gallo. Ante esta necesidad se requiere de la **construcción de dos polvorines donde uno será para el almacenamiento de materiales explosivos (alto explosivo y agente explosivo) y otro para los diferentes artificios (cordón detonante, conductores, iniciadores, etc.)** que se utilizan en las operaciones de voladuras al interior del tajo.

Para la utilización de estos materiales básicos se contará con el permiso anual correspondiente siguiendo todas las especificaciones de construcción y seguridad que demandan este tipo de obras por parte de la **Dirección General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos** de la **SEDENA**, quien tiene el atributo de supervisar y autorizar este tipo de obras y permisos conforme a la **Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos**.

Los polvorines se proyecta construirlos en una zona que se localiza a una distancia recta de 285.7 m al N26ºE respecto del perímetro Norte del tajo o bien a unos 10 m al N45ºW del perímetro Noroeste de la tepetatera, en un sitio cercado que contará con una caseta de vigilancia permanente, donde el polvorín de explosivos se construirá sobre una plantilla de 10.0 m x 26.2 m para un área de **262 m^2**, mientras que la plantilla del polvorín de artificios será de 4 m x 4 m para un área de **24 m^2** (0.0024 ha); considerando los pateos, el estacionamiento, las banquetas, el muro envolvente, el área restringida etc.; el polvorín de explosivos mantendrá un área **2,599.95 m^2**, mientras que el de artificios de **925.19 m^2**, ambos en un área total de 16,777.54 m2, el resto de la superficie la demandan las normas militares para protección de los mismos.

Respecto de las comunidades de **San Antón de las Minas**, **San Isidro del Sisote** y **Silleros**, que se localizan respectivamente al SW, NE y SE del sitio donde se proyecta

el almacén de los polvorines, **se encuentran a distancias rectas de 2.24, 1.16 y 2.53 km respecto de un punto central que se ubique en cada una de estas poblaciones y las coordenadas del almacén de explosivos**. Los caseríos más cercanos corresponden a la comunidad de Silleros ubicados a una distancia recta aproximada de 954 metros, mientras que hacia la porción SW del área de los polvorines los primeros caseríos de San Antón de las Minas se asientan a una distancia recta de 1.10 km. Además, se cuenta con barreras naturales entre las comunidades y los polvorines además no se encuentran cerca de líneas de energía o vías férreas.

Además de las rígidas especificaciones que demanda la **SEDENA**, ambos polvorines de explosivos y artificios contarán con un muro de hormigón envolvente fuera de los almacenes excepto en el lado de las puertas de acceso, como una característica que se traduce en una mayor seguridad. Esencialmente el terraplén del sitio de los polvorines contará con una cerca perimetral a base de malla ciclónica, avisos de seguridad, caseta de vigilancia y puertas con candados entre otros aspectos; **para una superficie total del polígono del sitio delimitado por la cerca de los dos polvorines**, construyéndose el sitio con espaciamiento y cerramiento seguro conforme a la configuración que demanda y supervisa la **SEDENA** en este tipo de obras.

Los polvorines se construirán de acuerdo con las especificaciones que se demandan por parte de la autoridad competente, **entre ellos la caseta de vigilancia para supervisar las 24 horas del día para la seguridad en el área del polvorín**, manteniendo un área circundante a los polvorines no menor a 25 m libre de pasto u otros materiales factibles de propagar fuego o producir una explosión además de letreros en lugares visibles que indiquen las restricciones y observaciones que deban cumplirse. Los polvorines consideran una serie de atributos y conceptos constructivos compuestos esencialmente por los siguientes elementos:

- **El polvorín de explosivos** se desplantará sobre una plataforma de relleno de material compactado a una altura de 1.4 m sobre la cota del terraplén, construido de concreto armado con portones reforzados, rampas de recepción y descarga en

el frente, además de un muro perimetral de concreto reforzado en las partes laterales y trasera, contando con una altura interior de 2.5 m libres

- **El polvorín de artificios** se desplantará sobre una loza de concreto armado (raider) de 15 cm de espesor y tendrá una altura de 3.5 m libres.

- **Cercado del área perimetral** del área de los polvorines con postes metálicos galvanizados y malla ciclónica de 2 m.

- **Sistema de pararrayos**.

- **Barra de descarga electrostática** (tierras).

- **Caseta de vigilancia** (con dominio de vista a las instalaciones).

- **Área de amortiguamiento** perimetral.

- **Letreros** de “Peligro”, “Área Restringida”, “No fumar”, “Prohibido el acceso”.

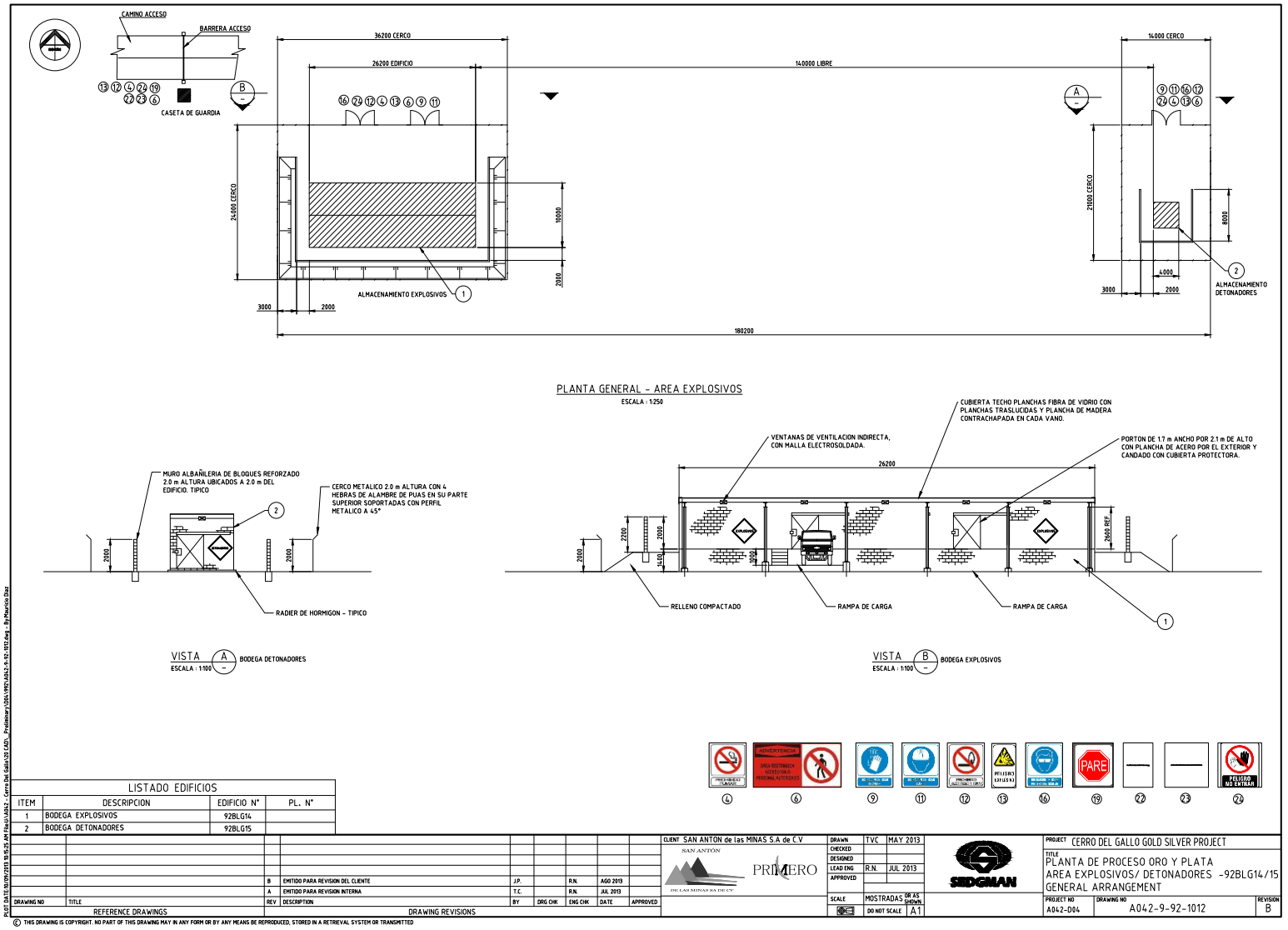
- **Letrero del permiso general** en color negro y letra mayor a 80 cm.

- **Puertas metálicas** cubiertas con madera del lado interno, con cerraduras y candados con protección reforzada para golpes, disparos o dobladuras.

- **Sistema de alarma** de emergencia (sirena) en caseta de vigilancia y ambos edificios.

El diseño constructivo de los polvorines se presenta en el siguiente plano:

Figura II. 46. Diseño de los polvorines



2.2.5.15.3. Canales de desvío de aguas pluviales

Estas obras se encuentran dentro de las especificaciones de protección ambiental de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, específicamente en la **5.7.2.** donde se señala "*Deben construirse todas las obras necesarias para el manejo del agua superficial dentro de la zona de influencia a la que pertenece el sistema de lixiviación, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento hidráulico de todas las instalaciones principales y complementarias, y evitar que el drenaje hidráulico local invada el patio*".

Se construirán al **N y W** de la plataforma y circundando las piletas de soluciones sobre el área denominada para uso en maniobras. Ver anexo 09-01. Para evitar el ingreso de aguas externas a la tepetatera, igualmente se construirán canales en todos los flancos. Ocuparán una superficie aproximada de **32,085.79 m^2** o **3.21 ha** y su construcción corresponderá a excavaciones de forma trapezoidal protegidas con roca colocada con agentes cementantes.

Se removerá la vegetación y el suelo para posteriormente compactarlos con el material de la base y colocar la roca a fin de evitar su erosión. El canal que funcionará entre el patio de lixiviación y la tepetatera, con el tiempo se reemplazará por tuberías colocadas sobre el canal, éstas serán paulatinamente cubiertas con los minerales y tepetate.

2.2.5.15.4. Represas para control de sedimentos

Por diseño y derivado de los estudios hidrológicos e hidráulicos **Golder Associates Inc.**, empresa encargada del diseño del patio, propuso dos represas para el control de los sedimentos en el área de beneficio y **1** para el control en el sector del tajo; en total ocuparán **1,085.44 m^2 o 0.1085 ha**, es decir un poco más de **360 m^2** por obra, sobre el área denominada uso en maniobras. Para construirlas es necesario el retiro de la vegetación y pequeños cortes para conformar la geometría.

2.2.5.15.5. Áreas de maniobras

Las áreas de maniobras tendrán como función, **el acceso de maquinaria y equipo en las etapas de preparación del sitio y construcción,** estas se llevarán a cabo en la zona denominada uso en maniobras.

Se proponen, ya que la experiencia indica, **que generalmente la vegetación y suelo de las áreas que circundan las obras**, se ven afectados por los movimientos de maquinaria; además es común que se utilicen para estacionar vehículos pesados y ligeros **o almacenar temporalmente insumos requeridos para preparar el sitio o construir** (ej. arcillas para el patio, cuchillas de tractores; materiales pétreos, etc.).

Aunque el propósito no conlleva **un cambio de uso del suelo en áreas forestales**, el derribo temporal de la vegetación por las maniobras o bien la necesidad de contar con áreas que permitan pequeñas modificaciones de los trazos contenidos en la ingeniería, **serán propuestas para el cambio de uso del suelo de forestal a industrial**.

2.2.5.15.6. Caminos de acceso

Para el acceso a lo que será la **Cerro del Gallo**, hoy proyecto, se utilizarán los caminos existentes; sin embargo, el **camino rural** que actualmente se utiliza para el acceso de la carretera 110 (Dolores Hidalgo entronque con la carretera 67) a **San Antón de Las Minas**, se rectificará en un tramo de aproximadamente 1.6 km en el área Sur del polígono del proyecto.

La rectificación es necesaria, ya que actualmente cruza por el pie Sur del **Cerro del Gallo** y al momento de iniciar las operaciones, representaría un riesgo, **adicionalmente el ancho de corona y las curvas cerradas en ese sector, no permiten el tráfico seguro de camiones con remolques que serán utilizados para el transporte de los insumos de producción**. El área que se afectará por la rectificación del camino, incluyendo rellenos hasta el pateo corresponde a **24,729.41 m^2**, equivalentes a 2.47 **ha**.

En el acceso al proyecto, el camino se ampliará a fin de permitir la salida con visibilidad sin invadir la corona de rodamiento y se llevará a cabo el desmonte (en algunos sitios), despalme y recuperación del suelo.

2.2.5.15.7. Caminos internos o de servicio

Para comunicación inter-áreas, se construirán caminos a fin de abastecer explosivo, carbón, refacciones, etc., estos se construirán en el área denominada uso en maniobras, se realizará el desmonte, despalme, recuperación de suelos, nivelación y compactación; se construirán cunetas para evitar erosión.

2.2.5.15.8. Línea de transmisión eléctrica

Previo acuerdo de suministro con la **Comisión Federal de Electricidad** (CFE), organismo descentralizado del Gobierno Federal, dependiente de la **Secretaría de Energía**, se construirá una Línea de Transmisión Eléctrica (**LTE**) para **115 kV**. En el plano siguiente se observa sobre imagen de satélite el trazo general, y, en los subsiguientes párrafos, una breve descripción de la obra.

La obra iniciará en la subestación propiedad de la **CFE**, ubicada cercana al entronque que se forma de las carreteras **San Luis de la Paz-Dolores Hidalgo** y **Dolores Hidalgo-San Miguel Allende** (Don Sebastián), sobre el derecho de vía de la carretera periférica a la ciudad de Dolores Hidalgo, hasta entroncar con la carretera pavimentada 110 a la altura del Hospital General de Dolores Hidalgo; proseguirá sobre el derecho de vía de la citada ruta, hasta llegar al entronque con en el camino rural que comunica a la población de San Antón de las Minas; proseguirá por el derecho de vía de dicho camino para concluir en la subestación que se pretende construir dentro del predio del proyecto, al Sur del patio de lixiviación en el área de la de la **Zona Industrial**, citada en los apartados anteriores.

La **LTE**, se construirá con base en las Normas de la **CFE**, ya que la promovente la entregará a ésta dependencia para su mantenimiento y administración y contará con un

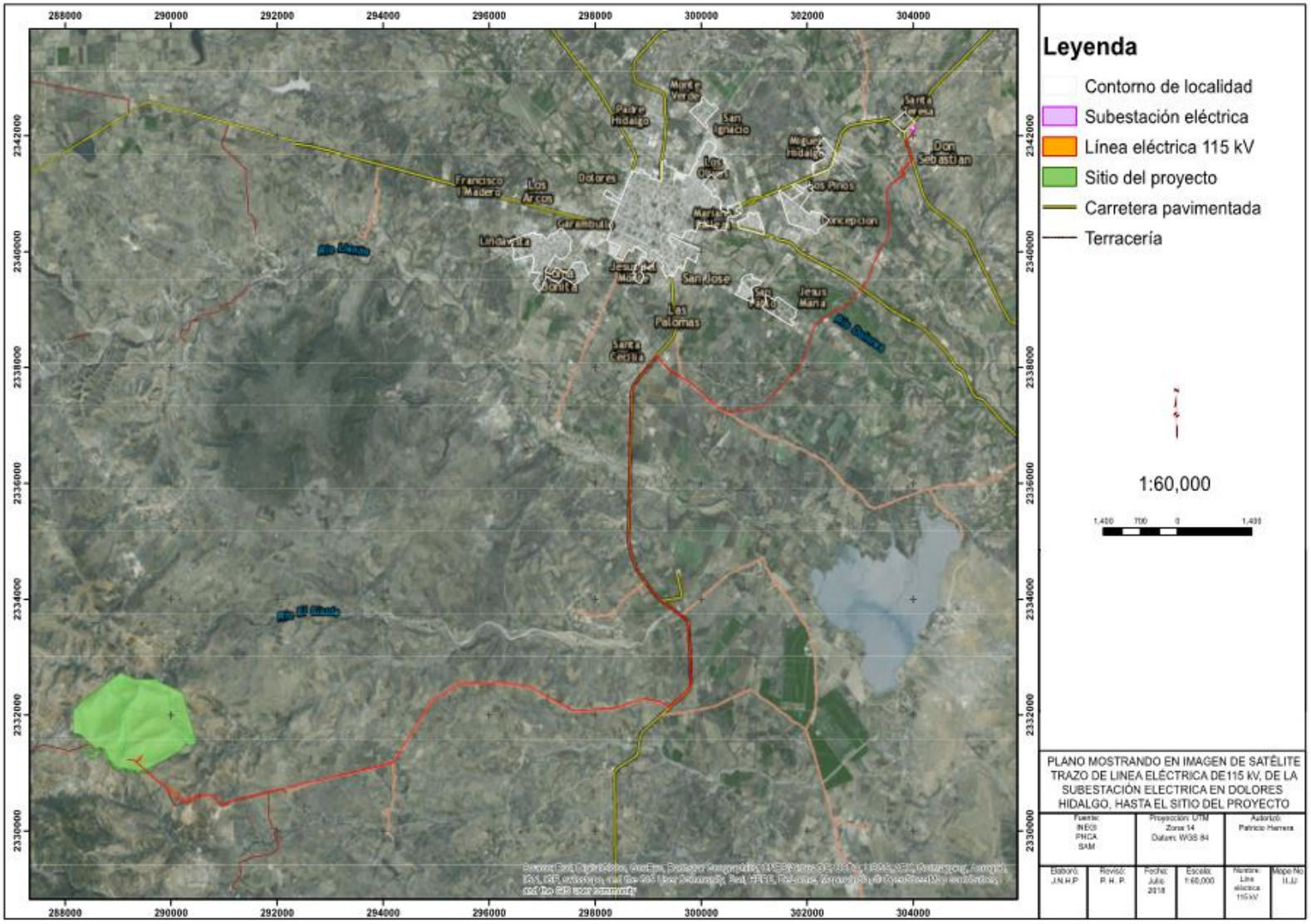
total de **244 estructuras** de ellas**, 241 postes** metálicos tipo troncocónico de acero galvanizado para 1 circuito de **115 kV** y **3 torres metálicas** auto-soportadas tipo **115 kV** de acero galvanizado - para 1 circuito de **115 kV**, mantendrá una longitud de **26.720 km** y una superficie de **26.7 ha** ya adjudicadas a los derechos de vía de las carreteras y caminos descritos.

No requerirá desmonte ni despalme, solo la colocación de los soportes para las estructuras. En cuanto a los terrenos, éstos corresponden a los derechos de vía de las carreteras y caminos rurales, por lo que los convenios que al respecto se suscriban con la **CFE**, incluirán el mantenimiento de la **LTE** y derecho de vía. Como se comentó en el Capítulo I, en virtud de las características señaladas, **la LTE no requiere de la autorización de la secretaría y se incluye para fines de informar sobre el suministro de energía eléctrica.**

2.2.5.15.9. Abastecimiento de agua

El abastecimiento del agua requerida para la mina y los servicios, se obtendrá de los recursos hidrológicos subterráneos; para lo cual se adquirieron las concesiones necesarias a efecto de obtener los títulos a nombre de la promovente a fin de extraer aproximadamente **1.44 millones de metros cúbicos anuales**; en apartados posteriores se ampliará la información respecto a los números o identificaciones de las concesiones adquiridas y de aquellas que ya se encuentran tituladas a nombre de la promovente. El proyecto contempla la construcción de 3 pozos **todos en sitios desprovistos de vegetación**; así mismo la colocación de tuberías sobre los derechos de vía de los caminos existentes. El agua llegará a un tanque principal para distribuirse a las áreas de operación y servicios. En la figura se presenta en planta la distribución de la tubería; pero en virtud de lo señalado por **la fracción IV del inciso A del Artículo 5º del REIA**, en la evaluación del impacto se considerarán los efectos que el aprovechamiento pudiese ocasionar al acuífero mas no, las obras de conducción para el abastecimiento de agua nacional, en virtud de que por sus características se encuentra en las excepciones del ordenamiento.

Figura II. 47. Propuesta del trazo de la Línea eléctrica



2.2.5.15.10. Áreas para la restauración y conservación

Para cumplir con las obligaciones contenidas en la **LGEEPA**, en el **REIA**, en las **Especificaciones de Protección Ambiental** de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, así como con aquellas que resulten, *en caso de que se autorice el proyecto*, se contemplan áreas para restauración ambiental en las cuales se reubicarían las especies de flora que presentan lento crecimiento o que se encuentran con algún grado de conservación ya sea por la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010**, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, o los tratados internacionales en la materia; así mismo con la finalidad de crear condiciones que detengan o reviertan el deterioro de los recursos naturales en la zona, se seleccionaron áreas que por sus características topográficas, son susceptibles de erosión y en ellas se llevarán a cabo acciones para conservar los suelos. Las áreas y sus funciones se listan enseguida.

2.2.5.15.11. Vivero

El vivero se localizará al Sur del polígono; ocupará una superficie aproximada de **5,029.43 m^2** (**0.5 ha**); en él se producirá la planta (sexual y asexual) que se utilizará durante la operación para restaurar los sitios impactados ya sea por las actividades mineras o bien por las antropogénicas. Durante el cierre será la principal fuente de planta para las actividades de restauración.

2.2.5.15.12. Construcción de infraestructura diversa

Para las operaciones de explotación y beneficio se requiere de diversa infraestructura de servicios entre los que se encuentran el área de oficinas técnicas y administrativas de lo que será la **Unidad Minera**, laboratorios, subestación eléctrica, líneas de distribución de energía, tuberías y tanque de provisión de agua, caseta de acceso, almacén de núcleos, corredores de comunicación para enlazar las diferentes áreas, así como estacionamientos vehiculares y áreas de maniobras.

En los laboratorios se contará con oficinas, almacén de reactivos, área de preparación de muestras con campanas y extractores de polvos, área de ataque por vía húmeda con mesas de trabajo, parrillas de ataque, campanas, sistemas de extracción y lavado de gases, absorción atómica del tipo **ICP-OES** (espectroscopía de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente), muflas para ensaye por fuego con área de copelación y apartado, cuarto de balanzas de precisión, área externa para los sistemas colectores de polvos, tejaban cercado para la disposición de los acumuladores de los gases de absorción atómica, así como sistemas de aire acondicionado, cisterna y tinaco para provisión de agua. En los planos siguientes, se incluye un plano con la distribución de las áreas de oficinas y servicios generales de la mina, detalles del laboratorio y del cuarto de cambio de la planta de proceso, así como el arreglo para la distribución de agua industrial.

2.2.5.15.13. Construcción de obras provisionales

El predio minero se encuentra relativamente cercano a la ciudad de Dolores Hidalgo, **dispone de un núcleo de oficinas, malacate, tiro, oficinas, provisión de agua, energía y servicios en el tiro Dolores en el propio poblado de San Antón de las Minas**, contando además con camino de acceso, por lo que no se requiere de obras asociadas o provisionales para realizar el proyecto.

Lo anterior obedece en gran medida a que el propio poblado de San Antón de las Minas es de origen minero y en la ciudad de Dolores Hidalgo que se encuentra a tan sólo unos 15~20 minutos por trayecto a través de carretera pavimentada y terracería; **se cuenta con todos los servicios y facilidades que son propias a una ciudad que es cabecera municipal** y parte de un corredor histórico y turístico, debido a que la independencia mexicana se gestó en dicha ciudad.

Figura II. 49. Plano que muestra los servicios de apoyo de la unidad minera

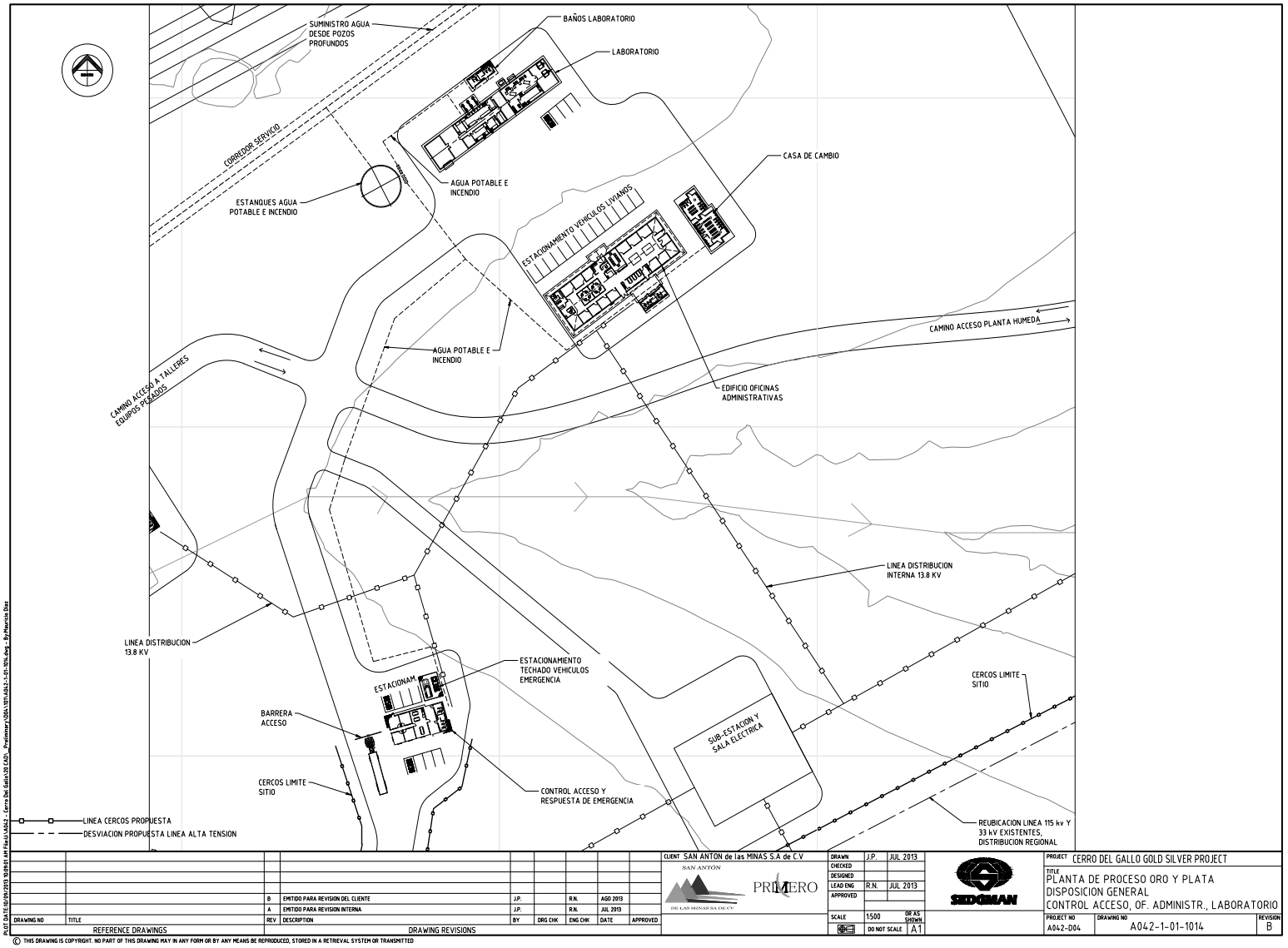


Figura II. 50. Detalles constructivos de las oficinas generales

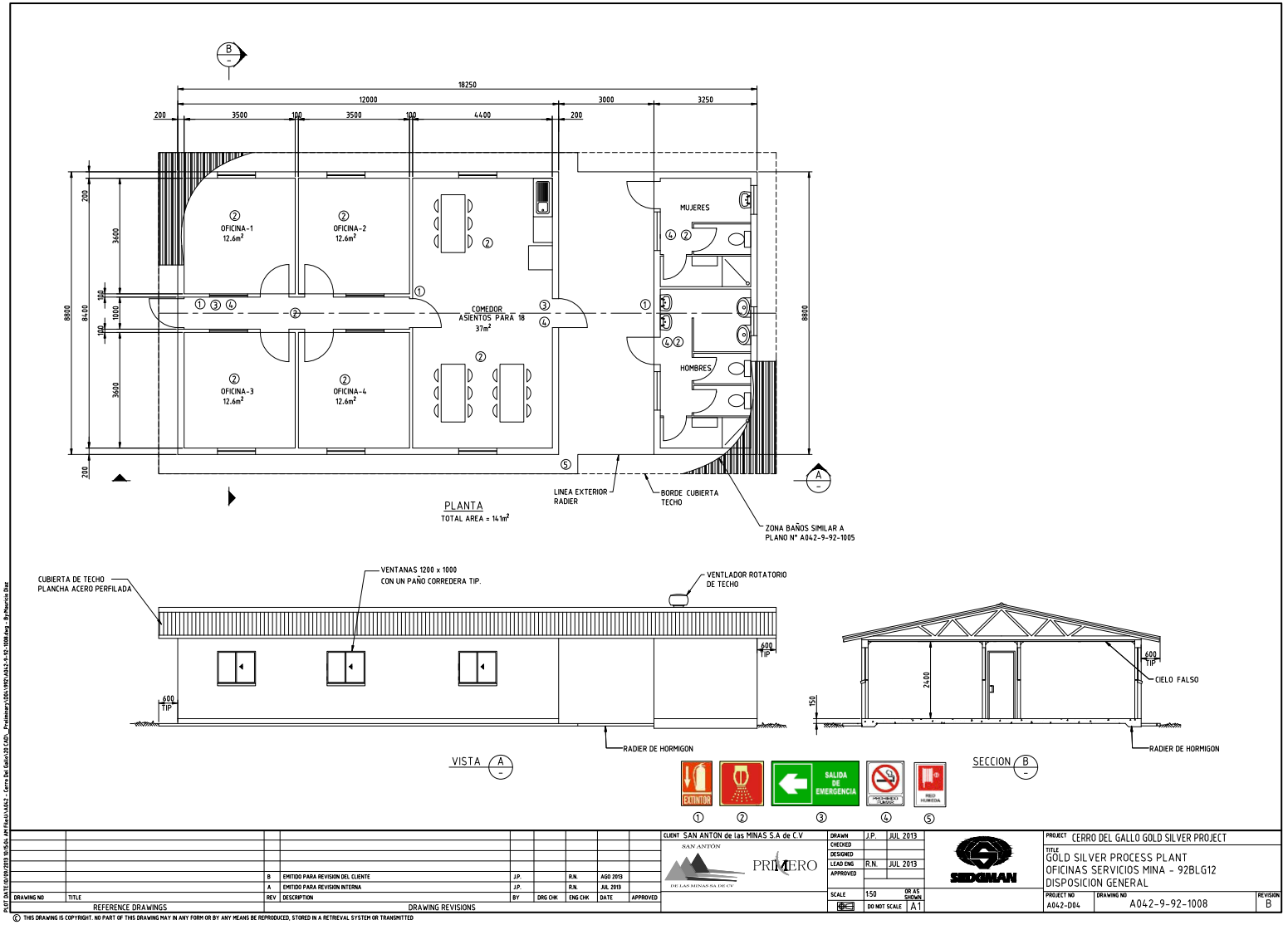


Figura II. 51. Detalles constructivos del laboratorio

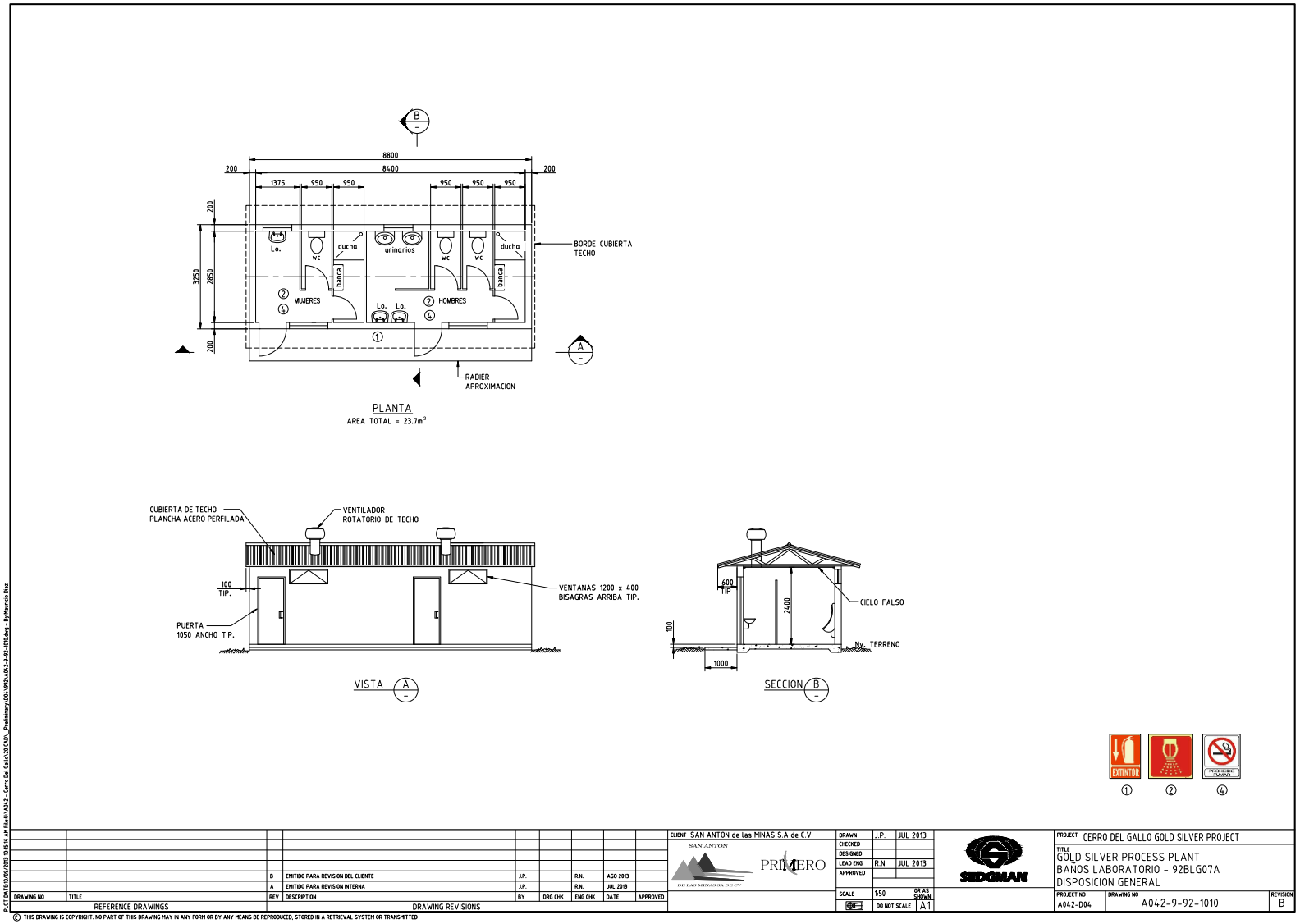


Figura II. 52. Detalles constructivos del cuarto de cambio de la planta de proceso

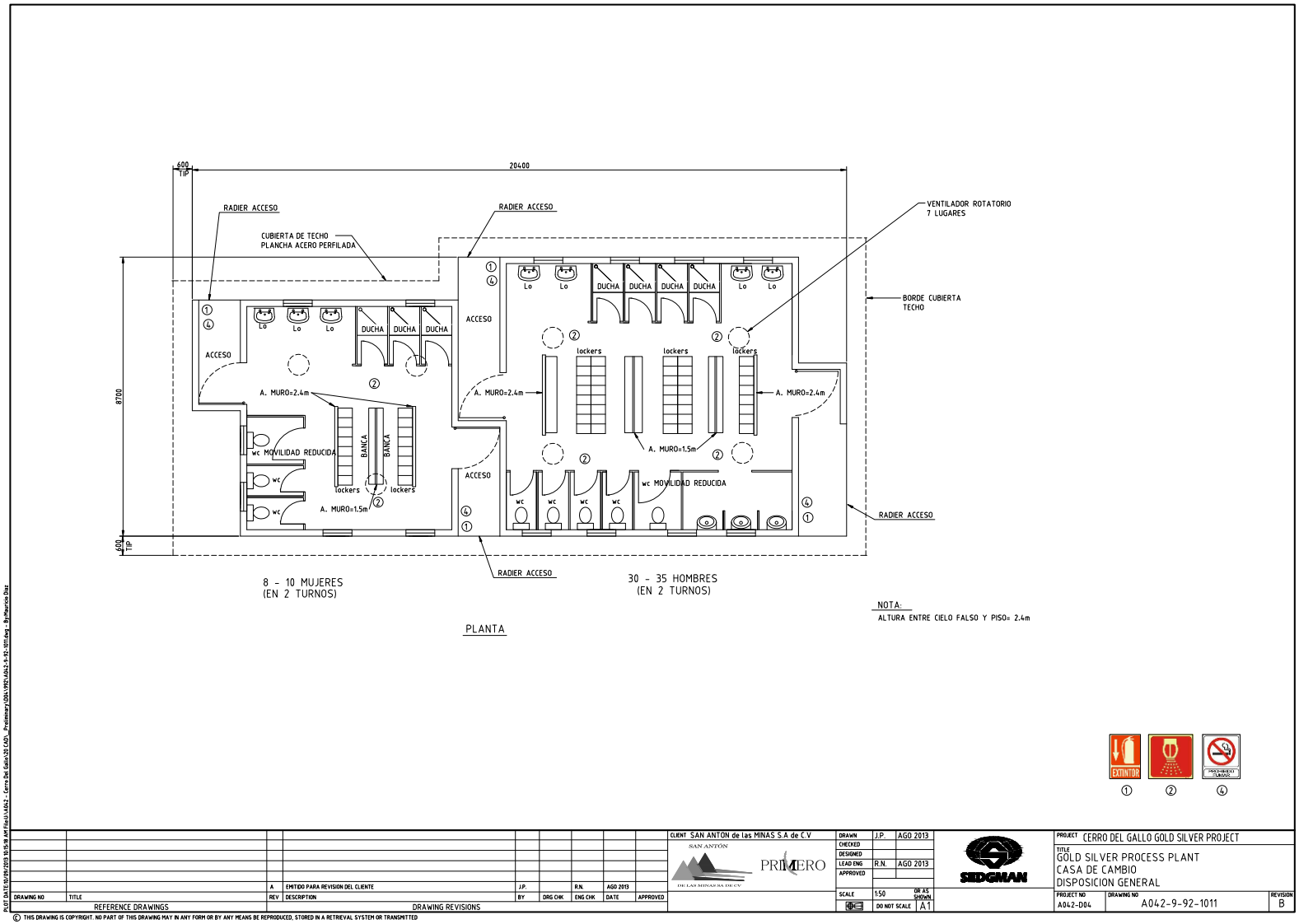
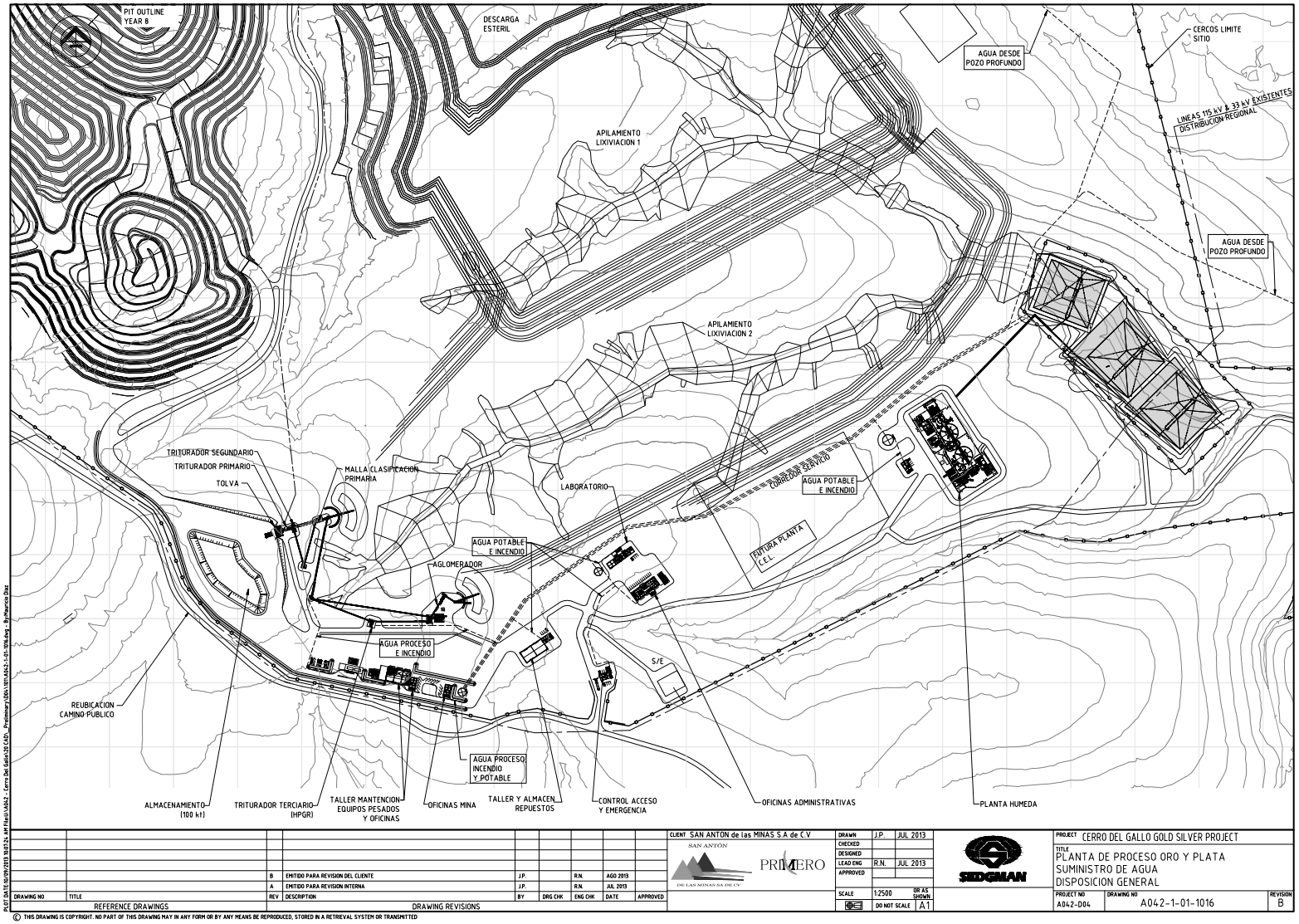


Figura II. 53. Arreglo de la distribución y provisión de agua industrial



En el proyecto se contará **con el apoyo y abastecimiento de los recursos humanos y materiales, teniéndose disponibles servicios, suministro de materiales e insumos de la ciudad de Dolores Hidalgo**, además de otras importantes ciudades circunvecinas que pueden proveer diferentes facilidades, tales como San Miguel de Allende, Guanajuato, Irapuato y Celaya por mencionar sólo algunas; ya que para llegar al proyecto es posible tomar diferentes rutas por importantes vías de comunicación en un estado que cuenta con una de las infraestructuras carreteras más desarrolladas en el país.

2.2.6. Operación y mantenimiento

2.2.6.1. Operación

Para la descripción de la operación y mantenimiento de la infraestructura propuesta para el **Proyecto de Cerro del Gallo**, se consideraron los diseños de ingeniería preparados por las firmas ya citadas.

Así mismo, se citarán los parámetros y condiciones de operación de los diferentes componentes del proyecto, mencionando los requerimientos de recursos naturales y sustancias químicas peligrosas y no peligrosas, en este último caso, estableciendo la capacidad máxima de almacenamiento.

2.2.6.1.1. Explotación de minerales

La explotación de los recursos minerales con leyes de oro, plata y cobre se desarrollará por el método de minado a cielo abierto mediante la construcción de un **tajo**; técnica que consiste en la extracción del mineral y la roca encajonante o estéril, a partir de la profundización de una excavación superficial inicial.

El método extractivo prevé el **desmonte**, retiro de las capas superficiales de **suelo** y roca estéril, hasta llegar a las zonas donde se localizan los bloques que hospedan las **reservas minerales con valores económicamente viables de beneficio**. Las reservas probadas serán explotadas de manera programada de acuerdo con un **Plan de Minado**, cuyo diseño se construyó considerando la ubicación espacial de los bloques; el plan prevé la explotación programada de aproximadamente **84.159 millones de toneladas (Mt)**. El plan se programó para desarrollarse en **15 años.**

El mineral se tratará en el sistema de lixiviación y el residuo generado por el minado, (tepetate) se dispondrá en un **depósito superficial** o tepetatera, que igualmente requerirá actividades de desmonte y retiro del suelo. Tanto el mineral como el tepetate serán transportados en camiones con dimensiones fuera de carretera por **caminos y**

rampas para acarreo, que adicional al desmonte y retiro del suelo, requerirán actividades de despalme, excavación y nivelación. El suelo recuperado se almacenará -*para fines de restauración en la fase de cierre*- en un **depósito de suelo fértil**. En los procesos de preparación del sitio, construcción y operación **se utilizará agua** para disminuir polvos.

2.2.6.1.2. Explotación de tajo

El tajo proyectado, se ubica en la elevación conocida como **Cerro del Gallo**, el plan de minado prevé iniciar a partir de la cota ubicada en los **2,312 metros sobre el nivel del mar**.

Para operar el tajo, una vez señaladas las planillas prediseñadas acorde al tipo de roca a fragmentar, **se procede a la construcción de barrenos en líneas con el uso de perforadoras rotarias**; cada barreno de "las líneas", se rellena (carga) con **bajo y alto explosivo** y, para el inicio de la detonación, se **colocan artificios disparadores** que inician la voladura y generan el retardo de las explosiones entre cada línea, a fin de lograr una fragmentación correcta de la roca, evitar vibraciones y dispersiones de polvo excesivas.

La voladura, permite la fracturación y acceso a la porción superior que cubre el tajo, removiendo la parte estéril de tepetate para acceder a las rocas mineralizadas. Posterior a la voladura, se procede al el cargado y retiro del material estéril hasta la tepetatera y enseguida a la extracción de la porción mineral que contiene los valores de Au, Ag y Cu, **mediante etapas secuenciales de cargado y acarreo con equipo pesado** (palas mecánicas y cargadores frontales), usando camiones mineros rígidos tipo dumper que llevarán las cargas minerales a través de rampas y caminos de acarreo hasta el Stockpile de gruesos de la planta de trituración. Bajo esa técnica, el mineral o el tepetate son extraídos **mediante un sistema de explotación combinado de bancos descendentes múltiples separados por banquetas** junto con un sistema de cono flotante que se desplaza sobre el área de explotación. **Atacando los sitios donde se presentan**

mantos y vetas mineralizadas, se logra una remoción y retiro paulatino tanto de la porción estéril que se dispone en la tepetatera como de los minerales que se acarrean hasta la etapa de trituración para dar inicio al proceso de beneficio.

De lo anterior se desprende que la explotación a cielo abierto consiste en la extracción por separado, **de la totalidad de la sustancia mineral y de la roca estéril que se encuentra en el depósito**, hasta una profundidad determinada por las condiciones litológicas y estratigráficas propias del yacimiento, consistiendo esencialmente es una excavación abierta a la atmósfera para extraer los recursos minerales del subsuelo. Debido a la ubicación de los bloques con mineral comercial, los tajos profundizarán mayormente en dos sectores ubicados al **N y S** del cerro, divididos por un macizo. Como se observa en el **Plano** siguiente, el piso de mayor profundidad del sector norte, se localizará en la cota 2,045, sin embargo, por el minado de la cresta del Carro del Gallo, el talud inicial (más elevado) se ubicará a 2,140 msnm, por lo que la pared expuesta al Norte mantendrá una altura (vertical) de 95 m.

En ese mismo flanco (expuesto al Norte), **la división entre los sectores N y S formada por un macizo**, la pared expuesta al Sur se elevará de 2,045 m (piso) hasta los 2,200 para una altura (vertical) de 155 m. El sector sur del tajo se minará hasta la cota 2,090 y el talud extremo al sur se ubicará en la cota 2,240 msnm para una altura (vertical) de 150 m. A la fecha, **el diseño del tajo se restringió a los bloques económicamente viables**, pero se espera que antes de finalizar el minado, se estabilicen los precios de los metales y de esa manera sea redituable extender la superficie de la mina. **En la primera etapa** (bloques de mineral cubicados) el tajo mantendrá **332,093.40 m^2**, equivalentes a **33.2093 ha**; posteriormente, se extenderá en los 4 flancos en una superficie **189,430.07 m^2**, de equivalentes a **18.94 ha**, por lo que el diseño final se esperaría ocupe **521,523.47 m^2** o **52.15 ha** del predio.

Para una explicación ágil y sistemática del tipo de operaciones que se desarrollarán en el tajo, en el cuadro que se incluye enseguida, se presenta una descripción condensada

de las diversas etapas que se vinculan con las actividades de explotación minera a cielo abierto, incluyendo desde la fase de exploración.

Tabla II. 38. Descripción de las etapas y operaciones de explotación minera

No. Consecutivo	Etapa	Descripción
1	Exploración	Se relaciona con el descubrimiento de minerales que revisten un interés económico, mediante la aplicación de técnicas de prospección geológica, geofísica, geotecnia y mineralogía; afines a la exploración mediante diversas obras que pueden consistir en catas, barrenación a diamante o de circulación inversa, zanjas u obras de exploración directa, con rutinas subsecuentes de muestreo, loggeo de barrenos y análisis de las muestras obtenidas en los diferentes sitios donde se manifiesten fallas, estructuras, brechas, depósitos minerales o rocas indicadoras que puedan ser propicias para reportar algún grado de mineralización con las características de calidad y abundancia necesarias, de tal manera que pueda ser económicamente redituable someterlas a etapas subsiguientes de explotación y beneficio.
2	Desmonte	Una vez identificados sitios de condiciones favorables donde es manifiesta la ocurrencia de recursos minerales que han sido elevados a la categoría de reservas probadas, se procede a realizar la remoción de la cubierta de vegetación y/o arbustos en los terrenos donde se va a realizar la explotación, estableciendo un manejo diferenciado entre las especies de flora que se deben trasplantar directamente como las que demandan de un cuidado por encontrarse bajo algún estatus especial, trasladándose el conjunto de especies a sitios temporales y de ahí a su revegetación en lugares que garanticen su sobrevivencia, reintegrando aquellas especies que se disgregan con el material generado en el despalme.
3	Despalme	Esta actividad es selectiva y se lleva a cabo mediante rippeado y escarificación laminar superficial como medidas necesarias para el rebaje, corte y retiro de la capa de suelo fértil en el caso de que se presente en la cota superficial del área de explotación; conformándose terraplenes con equipos y maquinaria pesada para el desborde, rebaje y cargado del material recuperado con apoyo de camiones de acarreo, previendo generar la especificación de la subrasante de trabajo conforme al diseño de la obra, quedando útil la superficie para su descapote. El material de suelo fértil que se llegue a presentar en esta etapa y que se logre recuperar por medios mecánicos, se retira y dispone en un almacén dedicado para su posterior reutilización en taludes o en superficies donde se aplicarán medidas de revegetación y reforestación. Terminado el despalme se deja un terraplén seminivelado suficiente para el acceso de equipos.
4	Descapote y disposición del residuo minero	Consiste en la remoción y retiro del material rocoso y gravoso de naturaleza estéril que conforma el tepetate, prosiguiendo con el rebaje, desborde, remoción y retiro mediante cargado y acarreo del material residual hasta la tepetatera donde quedará dispuesto de manera definitiva. Mediante diseños de explotación previamente analizados y establecidos, se realiza el minado a cielo abierto a partir del ataque desde plantillas y caminos, preparando frentes de trabajo y rampas para tener acceso a las áreas donde se encuentran los yacimientos minerales del subsuelo, utilizando voladuras por la dureza de los substratos subyacentes, con apoyo paralelo de equipos pesados como bulldozer, traxcavos, retroexcavadoras, palas mecánicas para cotas de estéril donde se requiere de alta productividad, así como cargadores y camiones basculantes tipo dumper de acarreo, que trabajan en conjunto en los sitios donde se encuentran los mantos y vetas mineralizadas por debajo de la cota superficial.
5	Barrenación	Una vez preparada la superficie y delimitadas las zonas para las plantillas de minado, se procede a efectuar una barrenación con máquinas perforadoras para la carga de explosivos, sus agentes y diferentes artificios que se usan en las

No. Consecutivo	Etapa	Descripción
		detonaciones según se requiera, tales como conductores, iniciadores y cordón detonante de uso común en la minería, bajo autorización y supervisión expresa de la Dirección General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos de la SEDENA, conformándose plantillas de perforación para crear las condiciones de tumbe y explotación que se desean en cada sector del tajo, previendo conservar la especificación del talud particular de cada banco, el ancho de las banquetas o bermas entre bancos y el talud general del tajo para cada sector, derivándose estas especificaciones de modelaciones para diseño del minado y estabilidad de los taludes operativos y residuales que quedarán en el tajo.
6	Voladura	Comprende la voladura y fragmentación controlada bajo diseños prefijados que favorecen la fragmentación del material acorde con la sección de diseño de los bancos que conformarán el tajo, iniciando esta etapa con la detonación de los explosivos que fueron cargados en los barrenos para ir creando bancos separados por banquetas o escalones que irán creciendo paulatinamente en profundidad y espacio para ir explotando los mantos hasta cubrir toda la zona donde se encuentra el cuerpo mineral, el cual será recuperado y enviado al proceso de beneficio mientras que la porción estéril se dispondrá en la tepetatera mediante etapas de remoción, cargado y acarreo.
7	Tumbe	Consiste en el tumbe del material que ha sido fragmentado por la voladura, ya sea en la etapa de descapote o en la etapa de explotación de la porción mineral, recuperándose el material mediante equipos pesados de carga y acarreo para la remisión ya sea a la tepetatera para el material estéril o bien al proceso de beneficio para el caso del mineral. El tumbe se hace "in-situ" al interior del tajo, con asistencia de palas mecánicas, cargadores frontales, traxcavos, excavadoras o retroexcavadoras según se requiera ante las características y dureza de los materiales, con apoyo de bulldozers para conformar bancos y niveles que se irán construyendo de forma paulatina a manera de una red interna de rampas, caminos y bancos para ir profundizando y creciendo en la explotación, conforme a diseños predefinidos para la altura de c/u de los bancos y el ancho de banquetas deseadas, bajo las especificaciones de estabilidad basadas en el talud particular de cada banco como en el ángulo interrampa o general bajo el cual se diseñó la explotación del tajo.
8	Extracción y Cargado	Consiste en el cargado y extracción del mineral o del tepetate estéril según corresponda, llevándose a cabo esta operación mediante la asistencia de palas mecánicas, cargadores frontales y de camiones basculantes rígidos fuera de carretera tipo dumper de alta capacidad y grandes dimensiones que transitan sobre caminos de acarreo especialmente diseñados.
9	Acarreo y Transferencia	El material estéril se envía a la tepetatera y el mineral al Stockpile de gruesos de la planta de trituración, haciéndose esta operación desde puntos estratégicos del tajo a través de rampas y caminos de acarreo, en camiones que transitan a velocidades de 10 km/h para zonas de alto tráfico o cercanas a sitios de operaciones, hasta 30 km/h en algunos tramos libres y de menor pendiente. El mineral del Stockpile se dispone sobre un terraplén preparado para alimentarlo con equipos a la tolva de gruesos que dosifica la carga a las etapas primaria, secundaria y terciaria de la planta de trituración, la cual cuenta con bandas transportadoras y cribas vibratorias intermediadas para el transporte y clasificación del mineral, rematando con el tambor de aglomeración de las partículas finas a las gruesas por aglutinación y fenómeno de formación de la bola de nieve con el uso de cal, cemento y solución estéril; quedando listo el mineral para pasar a una etapa de curado y posterior remisión a la Celda que se tenga programada al interior de la plataforma del patio de lixiviación, empleándose sistemas modulares de estructuras de bandas móviles (Chapulines) y apiladores terminales (Stackers) para la conformación de camas (lifts) al interior del patio.

2.2.6.1.3. Operación de la tepetatera

Como se ha comentado con anterioridad en este tipo de obras las etapas de preparación, construcción, operación y mantenimiento **se van presentando en etapas cíclicas y repetitivas que se presentan en un mismo lapso del tiempo**, siendo un atributo específico que es característico de este tipo de obras mineras, donde el aporte de tepetate proveniente de la profundización y explotación del tajo es el material útil que se utiliza para el autoconstrucción de la tepetatera.

El material rocoso y gravoso de tepetate en los sitios de disposición que se van creando en el entorno y área de la tepetatera, la propia masa, ángulo de reposo y la acción de la gravedad más el uso de los camiones y equipos de apoyo (bulldozer, cargadores frontales, motoconformadora), provocarán que se vaya depositando de manera gradual el tepetate sobre la superficie de la obra, girando los equipos en forma alternada y radial para ir cubriendo el área de depósito hasta que la altura y ancho ganado permitan la continuación y crecimiento del propio terraplén como de la plantilla de vaciado, continuando con bermas que fungen como caminos y que se construyen al interior de esta obra para romper la altura y ángulo de taludes, otorgándole de esta manera estabilidad a la obra.

Conforme gane altura el depósito de tepetate, se utilizará el método de "**vertido libre**" accediendo al cuerpo por las rampas de acceso, éstas últimas se construirán sobre el tepetate y se modificarán conforme avance la construcción del depósito. En el flanco **N** de la tepetatera, alcanzará la altura máxima de cerca de 85 m. Durante la construcción de la estructura se formarán levantes cada 10 m y banquetas para asegurar la estabilidad. En el plano siguiente preparado con las curvas de nivel del diseño, **se observa una vista en 3D del arreglo de la tepetatera**.

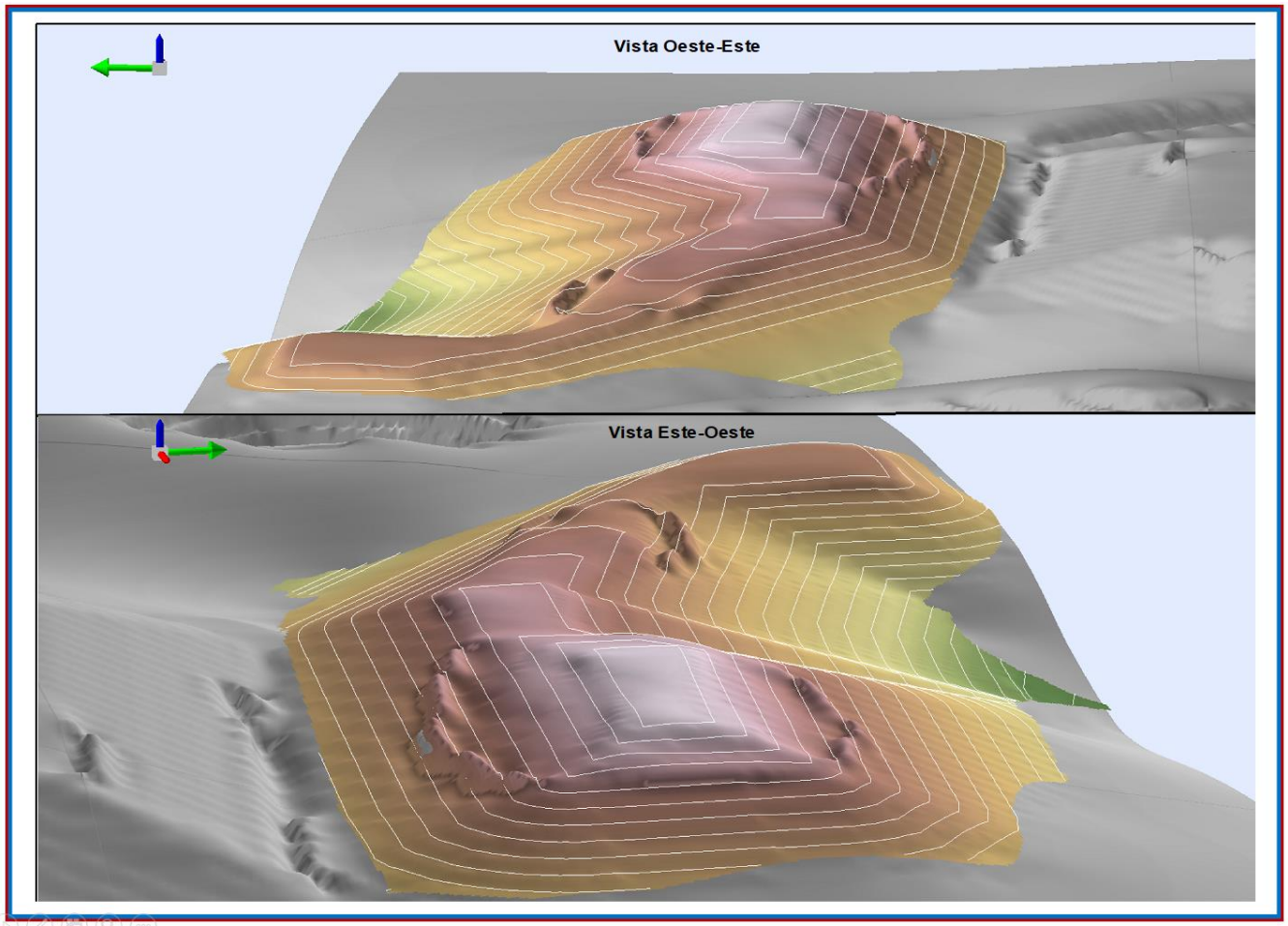
La operación de la tepetatera, parte de la creación de una plantilla de vaciado, desde donde radialmente los camiones de acarreo, depositarán las cargas por gravedad y **volcado de forma radial y ascendente**, para ir creando y autoconstruyendo la

tepetatera, plantilla que irá creciendo en área como en altura conforme se avance en el tiempo y se reciba más tepetate del tajo, previendo dejar una pendiente negativa en la superficie de la plantilla para para favorecer el desalojo rápido del agua que se llegue presentar en temporada de lluvia.

El agua que fluya por los taludes se reclamará en el sistema de subdrenaje que se encuentra por debajo de la tepetatera, evitando la formación de tirantes y minimizando el contacto sólido-líquido **que induzca una oxidación y eventual generación de drenaje ácido**, fenómeno que se puede llegar a presentar en este caso ante las características mineralógicas del residuo, pero para el cual se dispone de canales de derivación que consideran las microcuencas de aporte para una tormenta máxima de diseño de 24 h y un periodo de retorno de 100 años, los cuales estarán conectados al sistema de subdrenaje y a las presas de control ambiental, **como obras que junto con medidas de colocación de cubiertas secas y protección de taludes con materiales inertes para encapsular el tepetate**, operarán de manera integral para mitigar la catálisis de descomposición de sulfuros.

En este sentido las directrices globales de operación que aplican en este tipo de obras mineras se estarán siguiendo de manera rutinaria, con muestreos adicionales representativos de la corriente de tepetate, **bajo un programa de muestreo para monitorear y supervisar de manera periódica el posible potencial de generación de drenaje ácido y la movilidad de metales y metaloides** por agua meteórica. Por tanto se continuará en esencia con la utilización de las mismas técnicas de preparación, construcción, operación y mantenimiento para descargar y alimentar el material estéril proveniente del descapote a partir de una plantilla de vaciado donde acomete una rampa, desde donde los camiones de acarreo vaciarán el material de forma paulatina, **expandiendo la obra hasta llegar al límite de la capacidad de la tepetatera**, cubriendo de esta manera las necesidades que se derivan de los aportes de material estéril que se generará en el tajo.

Figura II. 54. Plano en 3D de la tepetatera



SAN ANTÓN
DE LAS MINAS SA DE CV

MANIFESTACION IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL MODALIDAD B

PROYECTO:

"CERRO DEL GALLO"

DOLORES HIDALGO C.I.N., GUANAJUATO, MEXICO.

ELABORADO POR

MC TERRA EMPRENDIMIENTOS SUSTENTABLES S.A DE C.V.

PLANO 3D DE LA VISTA DE LA TEPETATERA

Tabla II. 39. Plan de minado propuesto para depósito Cerro del Gallo

	Unidad	Prepa-ración	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Total
Mineral Minado	Toneladas	491,000	4,442,000	5,855,000	6,205,000	5,777,000	6,080,000	6,436,000	6,225,000	5,281,000	6,118,000	6,113,000	5,667,000	6,000,000	6,016,000	6,000,000	1,453,000	84,159,000
Tepetate	Toneladas	135,000	2,030,000	5,033,000	2,248,000	1,283,000	2,648,000	4,390,000	5,123,000	6,671,000	4,862,000	5,205,000	4,516,000	2,435,000	952,000	380,000	12,000	47,923,000
Relación de Descapote	Tep:Min	0.27	0.46	0.86	0.36	0.22	0.44	0.68	0.82	1.26	0.79	0.85	0.80	0.41	0.16	0.06	0.01	0.57
Total Minado	**Toneladas**	**626,000**	**6,472,000**	**10,888,000**	**8,453,000**	**7,060,000**	**8,728,000**	**10,826,000**	**11,348,000**	**11,952,000**	**10,980,000**	**11,318,000**	**10,182,000**	**8,435,000**	**6,969,000**	**6,380,000**	**1,465,000**	**132,082,000**

De acuerdo al diseño del tajo para la situación operacional y económica de del Proyecto donde la estimación y proyección de las cotizaciones juegan un papel importante, el material estéril que se contempla generar en las operaciones de explotación del tajo, es de un total de ***47, 923,000 toneladas métricas de tepetate*** con base al **Plan de Minado** que se muestra en el cuadro siguiente al Plano.

2.2.6.1.4. Proceso para el beneficio de los minerales

De una serie de pruebas metalúrgicas y estudios metalúrgicos realizados como de ingenierías básicas y de detalle que se comenzaron a realizar desde el año 2009, se derivaron una serie de diseños para la preparación, construcción y operación de todas las obras e instalaciones de servicios que están comprendidos en el Proyecto.

Para análisis y ensayes de minerales, determinaciones varias de laboratorio, pruebas y estudios metalúrgicos **se llevaron a cabo 5 fases de trabajo en el tiempo que implicaron la investigación y evaluación de tres diferentes alternativas de proceso** e identificar la mejor respuesta para la recuperación de los valores de muestras de minerales que provinieron de núcleos de exploración, conformando compósitos maestros de acuerdo a la profundidad y estratigrafía del yacimiento, así como muestras de núcleos completos que se requieren para logueos y diferentes determinaciones de trituración.

Los estudios iniciales comprendieron desde **pruebas de lixiviación directa** para un periodo de tratamiento de 24 horas, **concentración gravimétrica seguida de la lixiviación**, con un periodo de 24 horas tanto del concentrado como de las colas y **concentración previa por flotación seguido de la lixiviación intensiva por 48 horas del concentrado y 24 horas para las colas de flotación**, identificándose que una granulometría del **80% @-150 mallas** (-106 µm) es el tamaño que arroja los resultados más satisfactorios excepto para para el esquema de flotación-lixiviación donde la molienda debe ser del orden de un 80% @-200 mallas (74 µm).

Los resultados de las pruebas metalúrgicas indicaron **que la lixiviación directa es el esquema que más se adapta** y se **traduce en el menor costo para el beneficio de**

los minerales del Cerro del Gallo, mientras que la concentración gravimétrica seguida de lixiviación no ofrece un panorama conveniente debido a que no se incrementa la recuperación y los costos comparativos son mayores. El esquema de flotación y lixiviación tanto de concentrado como de colas reportan una ventaja económica y además se puede recuperar el **Cu** del concentrado de flotación por lixiviación secundaria, enviando la solución rica del concentrado a electrólisis mientras que las pulpas de colas de flotación se tratarían en un circuito de **Carbón en Lixiviación** (proceso CIL), sin embargo, se requiere de un mayor equipamiento y costos de operación más significativos en esta opción.

El universo de pruebas comprendió desde pruebas de lixiviación dinámica en botellas y de lixiviación estática en columnas junto con pruebas de aglomeración, percolación, trituración, molienda en rodillos de alta presión, entre otros conceptos; **resultando la lixiviación en montones como la alternativa más viable desde los puntos de vista técnico y económico para la recuperación de los valores de Au y Ag contenidos en los minerales oxidados y parcialmente oxidados del tajo del Cerro del Gallo**; observando que en la realización de los estudios metalúrgicos, el diseño del tajo, Sistema de Lixiviación, del proceso de beneficio y servicios asociados, participaron diferentes laboratorios y firmas de ingeniería que cuentan con prestigio global tales como:

- **Mines Group Inc.** (Reno Nevada, USA), en el diseño del tajo, observando que se utilizó el programa Gemcom`s Whittle para definir los límites el tajo con alimentación de datos para definir los parámetros de diseño de los taludes y la economía de la explotación
- **SGS** (Australia), quien realizó análisis y ensayes de los minerales, determinaciones del índice de trabajo Bond en molinos de barras y de bolas, pruebas en rodillos de alta presión, lixiviación estática en columnas, lixiviación dinámica en botellas y en celda de laboratorio, pruebas de percolación y aglomeración, pruebas de lavado y de extracción de valores disueltos en carbón activado, pruebas **SART**

- **JKTech Pty Ltd**. (Australia), en pruebas de trituración y molienda semiautógena (SAG), densidad de partículas, resistencia al impacto y abrasión
- **ALS Ammtec** (Australia), análisis de minerales, realización de pruebas de lixiviación en columna, pruebas de percolación y aglomeración, análisis de cribas con distribución de valores, pruebas de cementación de los valores de la solución rica con cinc, pruebas de lixiviación dinámica en celda,
- **Polysius** (Australia), pruebas de molienda en rodillos de alta presión
- **IML Pty Ltd.**, laboratorios (Australia), análisis y ensayes, determinación del índice de trabajo en molienda, pruebas de cianuración dinámica en botellas, pruebas de concentración gravimétrica, flotación y cianuración directa
- **Knight Piésold** (Australia), sondeos y zanjas de prueba en el sitio del proyecto, loggeo de los núcleos obtenidos por medio de barrenación a diamante para el reporte geotécnico afín al estudio de factibilidad del proyecto
- **SRK Consulting** (México) en lo concerniente al estudio de fuentes de agua, control de desagüe en el tajo, línea base de agua, evaluación geoquímica y análisis de peligrosidad mineral, con apoyo de **Segeomex Exploración y Laboratorios S. de R.L. de C.V.**, de San Luis Potosí en la realización de pruebas del laboratorio de mecánica de rocas y de suelos, contando también con los laboratorios **ALS-Indequim S.A. de C.V.**, en análisis y determinaciones varias sobre muestras de núcleos y sondeos geotécnicos de rocas del descapote que conformará el tepetate del tajo
- **Cerro Resources NL** (Canadá), Plan de Minado, diseño del tajo para la altura de bancos, ancho de banquetas, taludes particular y ángulo interrampa del tajo, profundidad del tajo, rampas y caminos de acarreo
- **San Antón de Las Minas**, diseño del sistema de suministro de energía y agua industrial, dirección y gestión para todas las facilidades y realización del proyecto
- **Golder Associates Inc.** (Reno Nevada USA), ingeniería de la tepetatera y del patio de lixiviación, análisis de estabilidad del patio, balance de agua del **Sistema de Lixiviación**, diseño del recubrimiento del patio y piletas de soluciones, directrices para la preparación de los sitios e instalación de los recubrimientos,

directrices para rellenos estructurales, tuberías, Sistema de Subdrenaje de la tepetatera, Canales de derivación y Presas de Control Ambiental

- **SEDGMAN** (Chile), en el diseño de la **Plantas de Trituración**, circuito de aglomeración, proceso **SART**, **ADR**, **Refinería**, almacenes y área de preparación de reactivos, manejo de productos y subproductos, servicios de apoyo para las operaciones (laboratorios, talleres, polvorines, oficinas, servicios del personal, etc.)

De lo anterior se desprende que para el diseño integral del proyecto se demandó de la participación conjunta de varias firmas de ingeniería y laboratorios de prestigio, para poder llevar a cabo el diseño de las obras y servicios que constituyen el Proyecto.

2.2.6.1.5. Resumen de los procesos

De los resultados de ingeniería y **del estudio de factibilidad técnica y económica del proyecto**, se definió que los minerales ya en el Stockpile pasarán a la Planta de Trituración iniciará el manejo para llevar a cabo la reducción, clasificación y posteriormente la aglomeración mediante cal, cemento y solución estéril del proceso **ADR** para que las partículas minerales que contienen los valores de oro y plata y **que tendrán un tamaño del 100% @-5/16”** (-8 mm), queden listas para su proceso de beneficio **iniciando con la lixiviación en montones después de un periodo de curado** para que los aglomerados alcancen su resistencia.

Los minerales ya triturados, clasificados, aglomerados y curados se someterán a tres procesos fundamentales que se realizan en serie. El primero consiste en una **etapa de lixiviación estática por riego en montones que se llevará a cabo en Celdas distribuidas espacialmente al interior de la plataforma del Patio de Lixiviación**, donde los minerales de la Planta de Trituración y Aglomeración, se alimentarán por medio de módulos móviles y apiladores radiales que cuentan esencialmente con bandas transportadoras, patines y llantas para su desplazamiento, **conformando camas sucesivas superpuestas sobre la superficie de las Celdas con altura y taludes**

predefinidos para la estabilidad general y vida útil del patio, sometiéndose los minerales a ciclos de riego preestablecidos para fines de su lixiviación selectiva, por la acción disolvente de una solución lixiviante que contendrá cianuro de sodio preparado en agua industrial y **a una baja concentración por peso en un medio protector alcalino**, debido a la cal hidratada y sosa que se emplean en algunas de las etapas unitarias del proceso, sometiéndose las camas a etapas de lavado para recuperar los valores lixiviados mientras que la roca estéril que contiene los valores permanecerá en fase sólida y como residuo de mineral gastado de colas lixiviadas al ser inerte a la acción del cianuro.

La solución rica resultante que percole por gravedad a través de las camas de mineral, será drenada por gravedad desde la plataforma de lixiviación a través del sistema **LCRS** que comprende desde redes de tuberías terciarias (menor diámetro) y secundarias de **PCPE** y **HDPE** ranuradas y perforadas que van instaladas en la parte inferior de ésta, sobre la geomembrana del recubrimiento del tipo compuesto, así como tuberías primarias de mayor diámetro dispuestas sobre sistemas de canales perimetrales de sección trapezoidal que cuentan también con un recubrimiento del tipo compuesto a base de geomembrana, transportándose y reclamándose la solución preñada desde las celdas por gravedad hacia las piletas de solución.

De acuerdo con el ciclo de riego en que se encuentre la etapa de lixiviación (mineral en etapa de lixiviación temprana o mineral en fase de lixiviación secundaria o lavado), la solución preñada fluirá ya sea a la pileta de solución preñada (para mineral nuevo) o a la pileta de solución intermedia (para mineral viejo de lixiviaciones secundarias o etapas de lavado).

De la pileta de solución preñada se alimentará por bombeo y tuberías el flujo de solución a la planta **SART** para la recuperación de los valores de Ag y Cu, quienes se obtendrán en forma de precipitados de sulfuros de estos elementos quedando aptos para su comercialización y venta a fundiciones externas, donde se podrá llegar a los metales en

estado de alta pureza, mientras que la solución preñada con valores de Au y menores concentraciones de Ag y Cu se enviará a la planta **ADR**, el cual consta de las etapas unitarias de **Adsorción**, **Desadsorción** y **Recuperación** donde el propósito final es llevar a cabo la extracción de los valores en forma de un precipitado electrolítico que se envía a la **Refinería** para su fundición y vaciado llegando así al producto final de doré.

A reserva de una descripción más detallada que se presenta más adelante en este Capítulo sobre los principios hidrometalúrgicos y etapas unitarias que comprenden los procesos **SART** y **ADR**, en el cuadro siguiente se presenta una descripción de las etapas unitarias del proceso, **observando que se continúa con la numeración del cuadro que correspondió a la descripción de la etapa de explotación**, pasando posteriormente con los parámetros de operación que rigen el proceso de lixiviación, el mecanismo bajo el cual se realiza la etapa de cianuración y la descripción de los elementos y parámetros fundamentales de los procesos **SART** y **ADR**, para terminar finalmente con los criterios de diseño de las instalaciones del proceso de beneficio.

Tabla II. 40. Proceso de beneficio de la etapa de trituración hasta fundición

No. Consecutivo	Concepto / Etapa	Descripción
10	Trituración- Clasificación	Los minerales del tajo procedentes del tajo por medio de camiones mineros rígidos tipo dumper de alta capacidad, se llevarán a través de caminos de acarreo hasta el Stockpile de gruesos de la Planta de Trituración, de donde se alimentarán a la tolva de gruesos del circuito de trituración, que consta de un circuito cerrado con 3 etapas (una quebradora primaria de quijadas, una secundaria de cono y un molino de rodillos terciario tipo HGPR), junto con cribas vibratorias, movimiento por medio de bandas transportadoras y un tambor aglomerador donde se agrega cal, cemento y solución estéril.
11	Alimentación al patio de lixiviación	Después de un tiempo de curado los minerales ya triturados y aglomerados a un tamaño aproximado de -5/16" se depositaran por medio de módulos móviles de Chapulines y Apilador radial terminales que llevarán los minerales aglomerados a las Celdas que se tengan programadas al interior de la superficie de la plataforma del Patio de Lixiviación, donde se conformarán camas sucesivas superpuestas (lifts) de 10 m de altura con un talud particular de 1.5H:1V, con bermas intercamas de 12 m, para un talud general de 3.5H:1V y 80 m de altura al término de vida útil de la pila.
12	Apilamiento (formación de montones)	El mineral apilado en forma de montones y camas con bancos ascendentes al interior de las celdas del patio quedará listo para sujetarse a los ciclos de riego con solución lixiviante conteniendo cianuro libre. Las Celdas conformarán una Pila que irá creciendo por el apilamiento gradual de mineral de forma radial y dinámica, ocupando la superficie de cada Celda, ganado masa, volumen y altura conforme se avance en la operación hasta llegar a un total de 8 camas para la altura proyectada del patio. Al final del periodo de riego el mineral gastado vinculado con los minerales explotados en el tajo quedará dispuesto como residuos mineros en las mismas camas y Celdas como colas finales del proceso.

No. Consecutivo	Concepto / Etapa	Descripción
13	Tendido de tubería y sistemas de riego	Mediante el acoplamiento y tendido de redes de tuberías y mangueras con perforaciones nominales milimétricas estandarizadas, junto con apoyo de aspersores y goteros sobre camas de taludes de mayor pendiente, se alimentará la solución lixiviante a base de cianuro libre. Las redes seguirán un arreglo especial regular sobre las camas sujetas a riego.
14	Ciclos de Riego (humectación, lixiviación y lavado)	Se alimentará una solución lixiviante que contiene iones de cianuro libre o disociado en un medio protector alcalino con un pH de 10.5~11.0 unidades ajustado por el empleo de cal hidratada y solución estéril de reciclo que contiene sosa procedente de la etapa de adsorción de la planta ADR. Las camas se humedecerán iniciando con la mayor concentración de cianuro libre en la solución lixiviante (1,000 ppm) que irá bajando hasta 200 ppm o menos conforme se avance en el tiempo y se vayan alcanzando los porcentajes de extracción deseados. La tasa de riego será de 10~12 L/h/m², donde el ciclo consistirá en un riego activo de 30 días iniciales, luego otros 30 días con solución menos concentrada y enseguida ciclos intermitentes para un periodo de 90~120 días como máximo, para áreas de riego activo de 60,000 m², dividiendo el patio en Celdas que variarán entre 46,000 m² y 105,000 m² como máximo; analizando de manera periódica las concentraciones de oro, plata, cobre, cianuro y el álcali libre en la solución preñada para hacer los ajustes a que haya lugar para mantener las concentraciones y parámetros de tratamiento, reciclándose la solución mediante el empleo combinado del tanque de solución gastada (estéril) de ADR, hasta obtener la disolución máxima esperada.
15	Reclamo de la solución rica	Al término del tiempo de tratamiento con solución lixiviante, mediante la red de tuberías dispuestas sobre la membrana y arropadas con la cama de suspensión localizada en la parte inferior de los patios, se reclama la solución rica a través de los canales de solución hacia la pileta de solución preñada desde donde se alimentará al proceso SART.
16	Acidificación, Sulfidización, Espesamiento y filtrado del precipitado de sulfuros, con Reciclo de solución de la Planta SART	De la pileta de solución preñada se reclamará por bombeo y tubería la solución rica para alimentarla al tanque acondicionador principal donde se lleva a cabo el ajuste del pH en un nivel de 4.5 unidades y enseguida la dosificación de una disolución de sulfhidrato de sodio para precipitar los iones de Ag y Cu en forma de sulfuros. La mayor proporción de HCN formado de las reacciones de precipitación permanecerá en solución mientras que pequeñas emisiones de HCN en fase gaseosa se colectarán y conducirán hasta un Scrubber para su lavado y neutralización con solución de sosa, reciclándose el cianuro a través de la pileta de solución intermedia. La descarga de pulpa del tanque acondicionador con el precipitado se alimenta a un tanque espesador primario donde también se capturan las emisiones, mientras que el bajo flujo de pulpa espesa de este tanque continúa a una etapa de filtración a presión y ensacado terminal del precipitado de sulfuros de Cu-Ag, quedando listo para su comercialización y/o venta a una fundición.
17	Neutralización, Espesamiento, Filtrado de yeso y reciclo de solución de la Planta SART	La solución del derrame de la etapa de espesamiento primario del precipitado de Sulfuros de Cu-Ag se alimenta a 2 tanques acondicionadores en serie, donde se lleva a cabo la neutralización de la fase líquida por medio de lechada de cal que en conjunto de los iones sulfato de la etapa de acidificación formará sulfato de calcio (yeso), el cual se someterá a etapas de espesamiento y filtración, para reclamarse en forma sólida a granel y transferirlo a su disposición final en un área dedicada al interior de la 1a Etapa del Patio de Lixiviación. Las emisiones de los tanques acondicionadores en serie de neutralización también serán recolectadas y enviadas a la etapa de lavado de gases, reciclando la solución ya neutralizada del Scrubber al proceso de lixiviación a través de la pileta de solución intermedia.
18	Etapa de Adsorción de la Planta ADR	La solución enriquecida libre de iones de Cu y Ag que resulta de la planta SART se recibirá en un tanque de solución que alimentará a la columna líder del tren de Adsorción de la planta ADR, operando en cascada descendente las 5 columnas del tren, dándose la etapa de adsorción de los iones de valores disueltos de oro, plata residual y trazas de otros metales en los microporos de las partículas de carbón activado que se encuentran en el lecho inferior y al interior de c/u de las columnas. El carbón cargado de la última columna irá avanzando a contracorriente respecto del flujo de solución en cascada hasta llegar a la columna líder donde se reportará la mayor concentración de valores y se agregará solución concentrada de cianuro, enviándose el carbón cargado de esta la columna a la etapa de elusión mientras que en la última columna del tren se agregará carbón nuevo procedente de la etapa de regeneración, enviando la solución estéril de salida de esta última columna al tanque de solución gastada (estéril o barren) para reciclarla a la etapa de aglomeración y al riego de las Celdas, ajustando el carbón fino y desgastado por medio de una criba estática.

No. Consecutivo	Concepto / Etapa	Descripción
19	Etapa de Lavado Ácido y Enjuague del carbón cargado en la Planta ADR	El carbón cargado de la columna líder de adsorción se alimentará por bombeo a una criba ubica en la cabeza de la columna líder, donde el sobretamaño se enviará a una columna de 13.3 m³ de acero inoxidable 316 donde se llevarán a cabo etapas en serie de lavado ácido y enjuague de manera sucesiva, empleando una solución de HCl al 3% de concentración por peso para un periodo de tratamiento de 20 minutos en la etapa de lavado ácido y siguiendo con una etapa de enjuague con agua industrial para un contacto de 2 h, quedando listo el carbón cargado para enviarse a la etapa de elusión, mientras que los flujos líquidos del lavado ácido y del enjuague se reciclan a la planta SART a través de un tanque regulador.
20	Etapa de Desadsorción de la Planta ADR	El carbón cargado de la columna de lavado ácido y enjuague, se alimentará enseguida a una columna de elusión, donde por medio de presión (55 psi), temperatura (130 °C) y tiempo (8~10 h), se llevará a cabo redisolución (elusión) de los valores contenidos en los microporos del carbón activado, empleando una concentración de sosa cáustica y cianuro en la solución eluyente del 3% c/u. Alcanzado el porcentaje de extracción, la solución enriquecida con los iones de Au con menores concentraciones de Ag, Cu y trazas de otros metales, se envía a la etapa de electrólisis por medio de bombeo y tubería mientras que el carbón despojado se somete a una etapa de lavado y se descarga de la columna de elusión, enviándolo por bombeo a la criba de la etapa de regeneración térmica del carbón.
21	Etapa de regeneración térmica del carbón despojado de la Planta ADR	El flujo de carbón despojado de la etapa de elusión se descarga de la criba alimentando el sobretamaño a un horno rotatorio, donde con un tratamiento térmico de 600~750 °C provisto por un soplador y un quemador a base de diésel se restituirá la superficie específica de las partículas de carbón, descargando el carbón regenerado en un tanque de enfriamiento o apagado, quedando listo para su reciclo a la última columna del tren de adsorción, previo ajuste de carbón nuevo para mantener el balance del proceso.
22	Etapa de Recuperación (Electrólisis) de la Planta ADR	La solución enriquecida de la columna de elusión se recibe por bombeo y tubería en las celdas electrolíticas que operan en paralelo (una por cada carga tratada en la columna de elusión), llevándose a cabo la electrodeposición de los iones de Au, Ag y trazas de otros metales provenientes de los minerales, formándose un depósito electrolítico sobre los cátodos de malla de lana de acero inoxidable dispuesta en un marco perforado, montado su vez sobre barras de acero que obran como ánodos, y que en contacto con el electrolito y a la tensión de corriente directa suministrada por un rectificador, se realizará la catálisis del proceso de electrólisis.
23	Descarga, lavado, filtrado y secado de cátodos	El depósito electrolítico de los cátodos se descarga en conjunto de los marcos de ánodos y cátodos de lana, para someterlos a un lavado a presión para desprender el precipitado, continuando con etapas de filtrado y secado, quedando listo para su envío a la etapa de refinación y fundición.
24	Refinación y Fundición del doré	El depósito electrolítico ya seco se somete a su refinación y fundición en un horno de crisol basculante, donde se utiliza una mezcla fundente a base de bórax, arena sílica y carbonato de sodio, vaciando el metal fundido en lingoteras metálicas, mientras que las emisiones se capturan y conducen a una casa de sacos para recuperar y reciclar las partículas con valores residuales y de ahí a un Scrubber para el lavado de emisiones. La escoria residual se recibe en un 1er tiempo en el momento mismo del vaciado del fundido, continuando con el vaciado del producto final de doré en las lingoteras, quedando listo para su pesaje, rotulación y resguardo, mientras que la escoria se somete a etapas de trituración y separación en una mesa concentradora para recuperar y reciclar los valores residuales.

2.2.6.1.6. Planta de trituración aglomeración

En esta planta se llevará cabo **la reducción y liberación de los minerales procedentes del tajo**, para favorecer la liberación de las especies que contienen los valores de Au, Ag y Cu, **favoreciendo el contacto sólido-líquido** que se requiere en la etapa de lixiviación para que se formen los complejos estables de los valores preciosos con el cianuro. El diagrama de flujo de esta planta iniciará con un **patio de gruesos** (Stockpile), donde los minerales procedentes del tajo con un tamaño del orden de -28” con un 5% de

humedad natural, peso volumétrico de diseño de 1.65 t/m^3 y una gravedad específica de 2.80; con leyes de cabeza de 0.60 y 16.00 g/t de Au y Ag para el caso del mineral oxidado (con 0.09% de Cu), así como de 0.75 y 14.00 g/t de Au y Ag para mineral parcialmente oxidado (con 0.06% de Cu); se dispondrán de manera paulatina sobre la superficie del Stockpile para alimentarse a las etapas de trituración, ver anexo 09-03.

La planta de trituración contará **con un circuito del tipo cerrado** a partir de una tolva de gruesos con capacidad de 275 t de carga viva (600 t total), una parrilla reguladora y martillo rompedor para rocas de sobretamaño, continuando con un alimentador de placas y un grizzly vibrador cuyos finos continuarán a la 2ª etapa de quebrado a través de la banda transportadora No. 1, mientras que los gruesos se dosificarán a la quebradora de quijadas primaria, continuando con etapas de trituración secundaria (quebradora de cono) y terciaria (**molino HGPR**) que operarán en conjunto de cribas vibratorias de doble piso a la cabeza, además de bandas transportadoras para el manejo de la carga al interior del circuito, formándose cargas circulantes en la 2ª y 3ª etapas de trituración.

El producto ya triturado y clasificado **a un tamaño del 100% @-8 mm** se alimentará a un tambor aglomerado donde se dosificará una mezcla de cal, cemento y solución estéril de reciclo, pasando enseguida el mineral ya aglomerado a la etapa de curado y **a su alimentación en las Celdas que se tengan programadas al interior de la plataforma de Lixiviación**, conformando camas de **10 m de altura nominal** por medio de los módulos móviles de bandas y apiladores quedando listas para someterse **a los ciclos de riego con la solución lixiviante de cianuro**, la cual percolará por gravedad a través de las camas para reclamarse en el sistema **LCRS** de tuberías plásticas ranuradas y perforadas que se tienen instaladas sobre la geomembrana principal del recubrimiento de la plataforma del patio, conduciéndose y transportándose la solución preñada hasta las tuberías de mayor diámetro que se encuentran dispuestas sobre canales de sección trapezoidal igualmente recubiertos con geomembrana en el perímetro de la berma del patio, **llevando la solución hasta las piletas de solución, alimentando la solución de la pileta de solución preñada a la Planta SART por medio de bombas y tuberías**.

Los criterios de diseño y parámetros de operación se presentan en el cuadro siguiente. El diagrama de flujo de la planta de trituración se presenta en la figura siguiente al cuadro en 2 partes y en el anexo 09-03.

Tabla II. 41. Criterios de diseño y parámetros operación de trituración

Etapa	Criterios de diseño	Parámetro
Trituración y aglomeración	• Tamaño de alimentación:	Aprox. @-28 plg. (in) mineral del tajo
	• Gravedad específica mineral:	2.8 t/m³
	• Peso volumétrico tajo:	1.5 t/m³ min. oxidado, 1.65 t/m³ min. parcialmente oxidado
	• Humedad del mineral:	5%
	• Días de operación por año:	365
	• Días de operación por semana:	7 d/semana
	• Turnos de trabajo en trituración:	3 turno/d
	• Horas de trabajo por turno:	8 h/turno
	• Semanas de operación por año:	52 por año
	• Disponibilidad de la planta:	75%
	• Capacidad nominal de la planta de trituración	685 tph
	• Alimentación:	Camiones de acarreo hasta la tolva de gruesos de la planta de trituración.
	• Tolva de gruesos:	De 600 t con parrilla y martillo rompedor, chute y alimentador descarga a grizzli.
	• Alimentador de placas:	71 in x 27 ft (ancho x longitud)
	• Grizzly vibratorio:	5 in de abertura
	• Trituración primaria:	
	Alimentación	685 tph (16,440 tpd)
	Tipo	Quijadas de 42 x 55 in
	hp	250
	Alimentación	F80 = 20 in
	Descarga	P80 = 6 in
	• Descarga de trituración primaria:	Por banda transportadora a Criba 1
	• Criba 1 (en circuito cerrado):	
	Tipo	Vibratoria doble cama, tipo banana
	Tamaño	6 ft
	Piso 1	3½ in de abertura
	Piso 2	1½ in de abertura
	• Trituración secundaria:	
	Tipo	Cono CS
	Tamaño	10 x 20 ft (ancho por longitud)
	hp	600
	Alimentación	F80 = 1½ in
	Descarga	P80 = ¼ in
	• Trituración terciaria:	
	Tipo	HGPR (Molino de Rodillos de Alta Presión)
	Tamaño	78 x 59 in (diámetro x ancho de los rodillos)
	hp	2 de 2000 hp, velocidad variable
	Alimentación	F80 = ¼ in
	Descarga	P80 = -⅜ in
	• Criba 2 (en circuito cerrado):	
	Tipo	Vibratoria un piso, una cama
	Tamaño	14 x 24 ft (ancho por longitud)
	Piso 1	1 in de abertura
	Piso 2	⅜ in de abertura (para P100 = 5/16 in, - 8 mm)
	• Factor de carga circulante en trituración:	3.0:1 (300%)
	• Tamaño de alimentación a tambor aglomerador:	P100 = 5/16 in, mineral aglomerado
	Silo cemento	500 t
	Silo cal	250 t

Figura II. 55. Diagrama de flujo de la planta de trituración 1 de 2

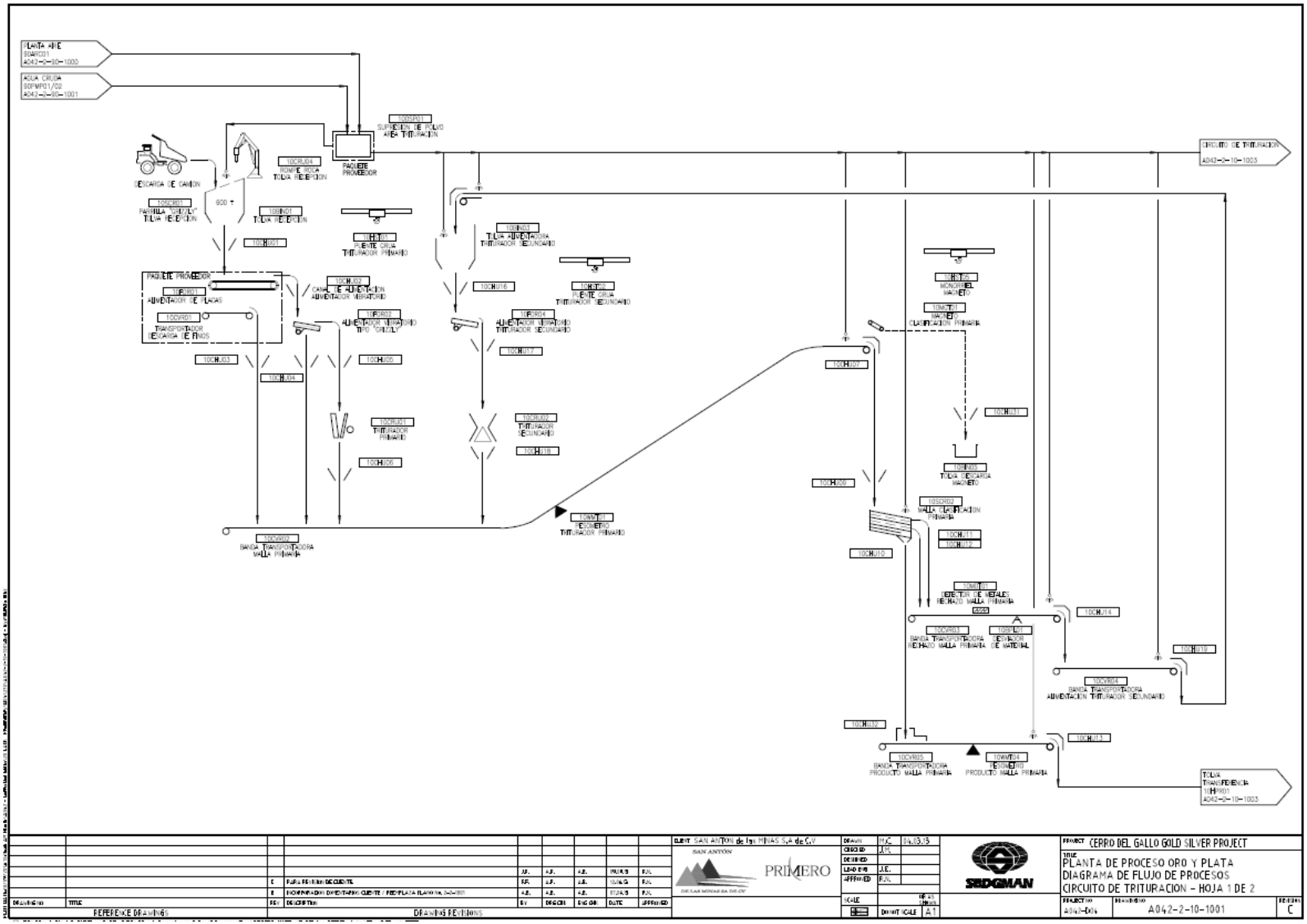


Figura II. 56. Diagrama de flujo de la planta de trituración 2 de 2

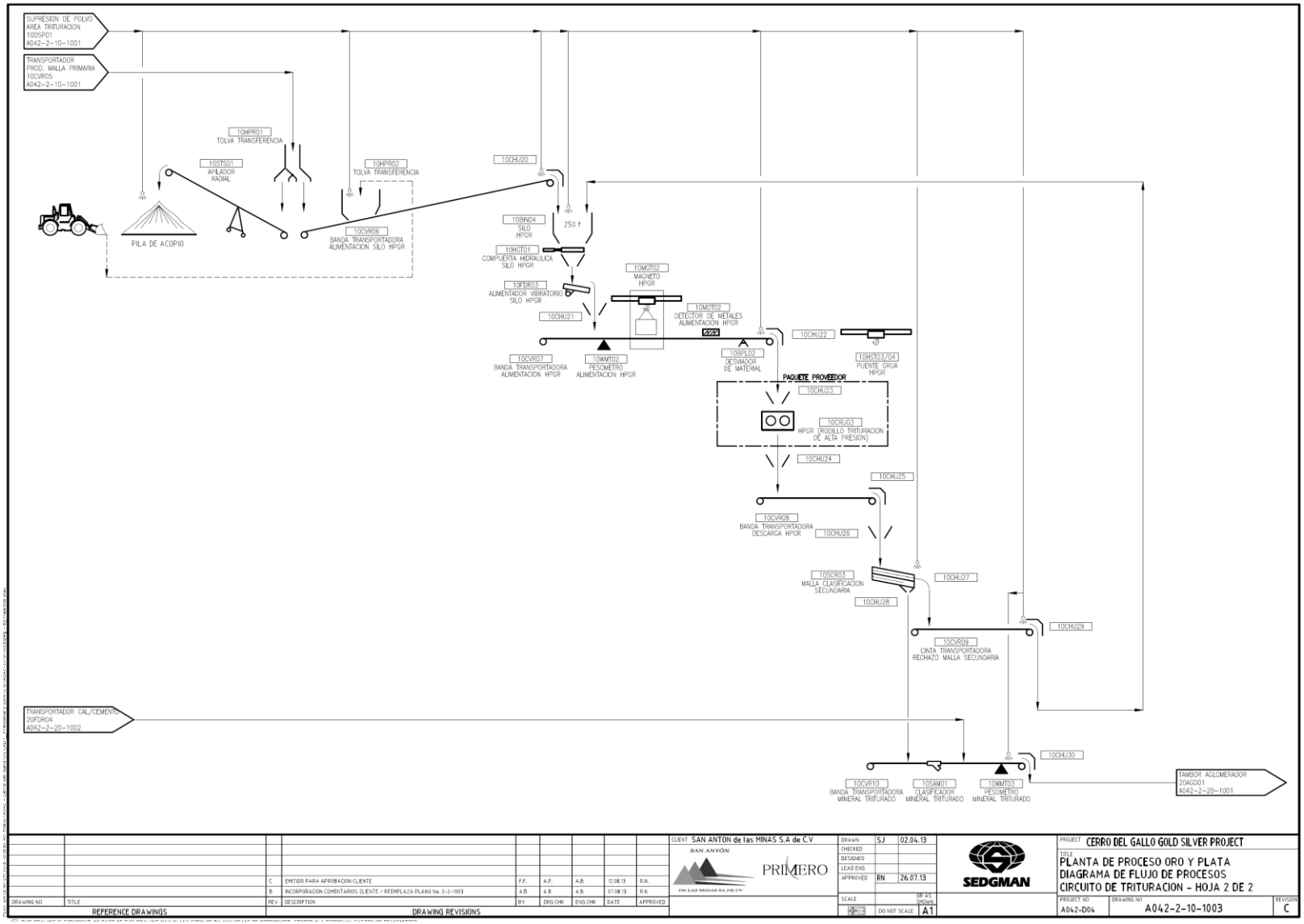
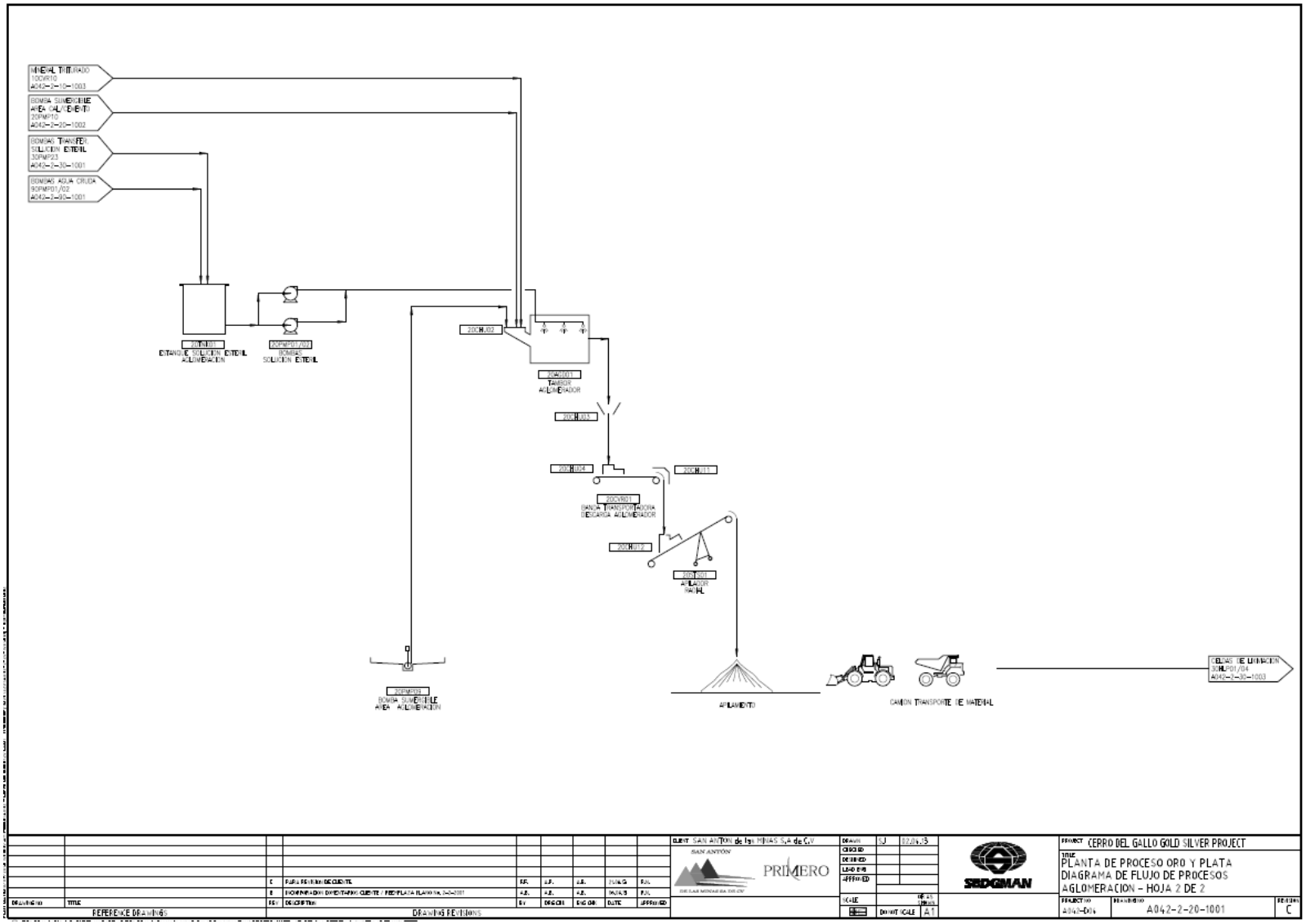


Figura II. 57. Diagrama de flujo del proceso de aglomeración



2.2.6.1.7. Etapa de lixiviación

Las condiciones de operación del Sistema de Lixiviación se presentarán por componente del proceso que a continuación se describen y son los de interés particular para el cianuro en soluciones.

2.2.6.1.8. Preparación del cianuro de sodio

El cianuro de sodio llegará en briquetas al proyecto, ya sea por isocontendores o en camiones, embalado primero en polietilenos, posteriormente en un supersaco también de polietileno de alta resistencia y dentro de una caja de madera; cada contenedor almacena **1 t de NaCN**.

Para el caso de la preparación de cianuro de sodio transportado ya sea en isocontenedores o supersacos, para preparar y distribuir el cianuro en forma de ion cianuro hacia las áreas de operación; se realizarán las acciones siguientes:

- **El isotanque** conteniendo **NaCN** en forma de briquetas mediante una manguera flexible y acoplamientos, se conectará al tanque de disolución del cianuro de sodio y en él, se **preparará la mezcla del químico**. La solución estéril se aplicará mediante bombeo y a la salida del isotanque, se contará con otra bomba para retornar la solución al tanque de disolución.

- El tanque de disolución se conectará **mediante tubería de acero inoxidable**, a una bomba para transferencia del cianuro (CN-), a un **tanque de almacenamiento** de acero al inoxidable; éste contará con 6 bombas para dosificar y transferir el CN-.

- En el caso del cianuro de sodio que se prepare utilizando los super-sacos contenidos en el almacén, la preparación se dará en un tanque para mezclar el cianuro de sodio en estado sólido, con solución gastada a un pH mayor a 10.5; **mediante** un polipasto, se elevarán las bolsas con 1 tonelada de cianuro de sodio en briquetas, dentro del tanque se colocará un dispositivo para romper las citadas

bolsas e iniciar con la preparación del cianuro como ion cianuro (CN-); en la boca del tanque, se construirá una caseta con un interruptor que evitará que el polipasto funcione si no se encuentra cerrada la caseta; el tanque estará equipado con una propela fabricada a partir de acero inoxidable que girará para diluir las briquetas. Éste tanque mediante bombas, abastecerá al tanque de almacenamiento.

En la figura siguiente y anexo 09-03 se presenta el diagrama de tubería e instrumentación (**DTI**) para el circuito de preparación del cianuro y previo a ello se presenta una figura que contiene la simbología y notas para la interpretación de los diagramas.

2.2.6.1.9. Operación del patio de lixiviación

La lixiviación de los minerales triturados y aglomerados se realizará en el Patio de Lixiviación, estructura que se localizará al Sur de la tepetatera y Este del tajo. Se compondrá por una **plataforma de lixiviación**, **berma de cerramiento**, un **corredor de tuberías de soluciones**, una **pileta de solución preñada**, una **pileta de solución intermedia**, un **tanque para solución gastada** y la **pileta para emergencias**.

Por diseño, se considera una alimentación de mineral aglomerado de **16,440 t/d** (toneladas por día) con granulometría equivalente a 8 mm o menos, con el cual y sobre la plataforma recubierta, se conformarán **camas sucesivas de mineral mediante el uso de apiladores radiales**; sobre el mineral aglomerado, **se aplicará el agente de lixiviación mediante riego por goteo**, preparado a partir de cianuro de sodio disuelto en soluciones del proceso a un pH mayor a **10.5 UpH**; es decir el agente de lixiviación consistirá en soluciones **conteniendo cianuros en bajas concentraciones**, que variarán desde **200 hasta 1,000 ppm**, diferenciaciones que pueden generarse de acuerdo a las leyes alimentadas al proceso y por escenarios de fenómenos climatológicos contingentes que puedan repercutir en el balance de solución.

Figura II. 58. Simbología para interpretar DTI's

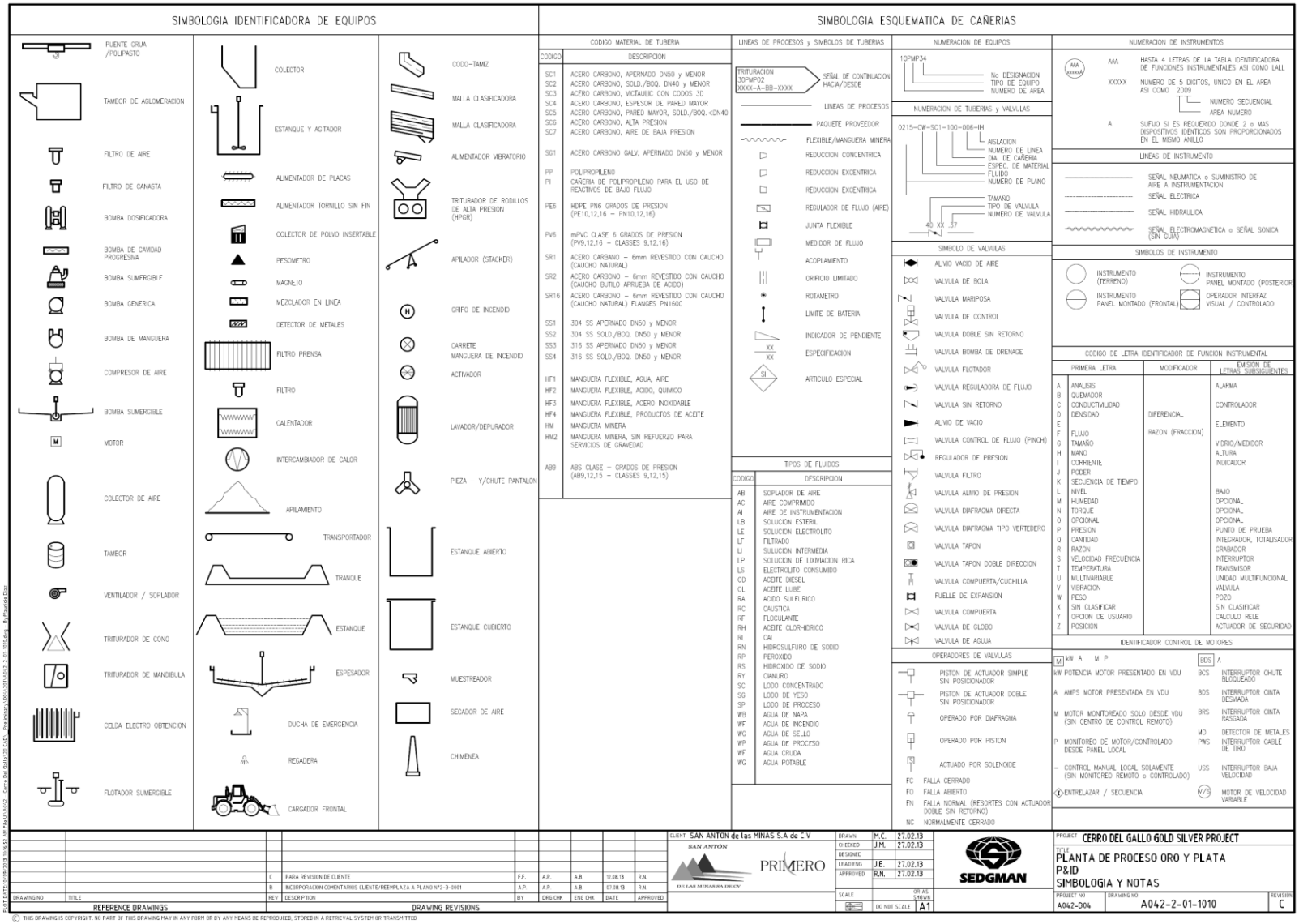
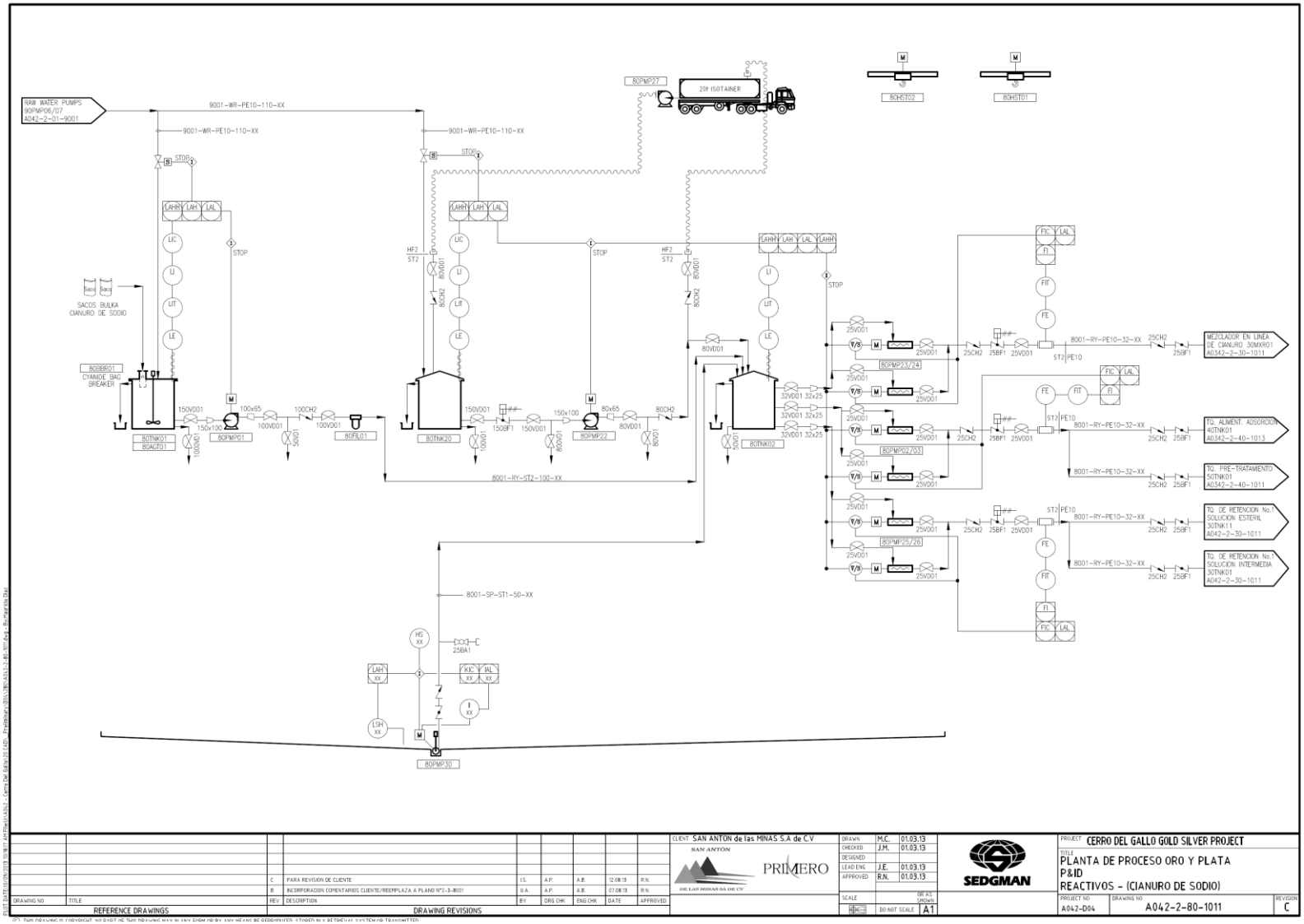


Figura II. 59. DTI preparación de cianuro



El riego se aplicará a una tasa promedio de **10 L/h/m^2** para un flujo de **243 m^3/h** y una tasa máxima de **12 L/h/m^2** para un flujo máximo de **300 m^3/h**, en un área activa (en riego) en las camas equivalente a **24,300 m^2**. Los ciclos de riego serán de 60 días con solución estéril y 30 días con solución intermedia, en ciclos promedio de **90 días**. En este lapso **la solución se enriquecerá y drenará** mediante la tubería perforada colocada en la base de la plataforma, para reclamar a la tubería lisa de salida que drenará en la pileta de solución rica. Los **parámetros de operación fundamentales que se aplican en el proceso hidrometalúrgico de Lixiviación en Montones** se condensan en el cuadro siguiente:

Tabla II. 42. Parámetros de operación del proceso de lixiviación en Montones

Actividad	Parámetros de Operación Lixiviación	
	Cantidad	Unidad
Alimentación de mineral por día	16,440.00	t/día
Días de operación por año	365.00	días
Horas de operación por día	24.00	h
Días por semana	7.00	días/semana
Granulometría	P100	100% @-5/16" (- 8.0 mm)
Granulometría	P80	80% @-¼" (- 6.3 mm)
Concentración de CN libre	0.07~0.10	%
Concentración de CaO	0.10~0.15	%
Consumo de cianuro*	0.65	kg/t
Consumo de cal*	2.00	kg/t
Dilución de Lixiviación	0.15~0.20:1	Peso agua/Peso sólidos
Operación por ciclo de irrigación	96~126	días
Riego activo	90~120	días
Tasa de riego de solución lixiviante	10.0~12.0	L/h/m²
pH de trabajo	10.5~11.5	Unidades
**Consumos referidos a sustancias comerciales para una pureza nominal de: = 98.0% (análisis químico típico), = 50~70% de CaO total disponible mineral triturado, clasificado y aglomerado)*		

Los consumos y concentraciones de cianuro y cal, como las tasas de solución de riego, son susceptibles de variarse durante la operación, dependiendo de las leyes de Au y Ag que se estén alimentando en un momento determinado, además de factores climáticos que se presenten en escenarios de alta o baja temperatura, así como de lluvias que inciden en la evaporación de la solución lixiviante y en la dilución de los principales solutos del proceso (cianuro y cal).

Bajo estas consideraciones es importante señalar que los consumos se derivan de las pruebas y estudios metalúrgicos realizados, **pudiéndose presentar cambios en la operación industrial ante posibles variaciones de las leyes alimentadas al proceso como por escenarios de fenómenos climatológicos contingentes que puedan repercutir en el balance de solución del proceso**, estando capacitado el personal de la operación para llevar a cabo los ajustes a que haya lugar para mantener los parámetros dentro del rango adecuado para las metras de disolución y extracción programadas, tomando en cuenta los criterios de diseño de las etapas de lixiviación, **SART**, **ADR** y **Fundición** que se presentarán más adelante.

Con base a los estudios metalúrgicos y balance de materia (fases sólido-líquido) del proceso, los porcentajes de extracción en la etapa de lixiviación para el caso del mineral oxidado serán de un 74.0% de Au, 60.0% de Ag y 11.5% de Cu; mientras que para mineral parcialmente oxidado serán del orden de un 64%, 51.6% y 41.2% de Au, Ag y Cu respectivamente, considerando una disponibilidad del 95% para los 365 días por año, operando 3 turnos por día de 8 h c/u.

2.2.6.1.10. Mecanismo del proceso de cianuración

El mecanismo bajo el cual se lleva a cabo el proceso de cianuración, puede ser representado por las siguientes reacciones **tomando como ejemplo al elemento oro**, en una catálisis que involucra la oxidación o pérdida de electrones para pasar el metal de forma reducida a forma iónica, terminando el mecanismo con la reacción iónica entre el oro y el cianuro como se puede observar en las siguientes reacciones:

$$O_2 + 2\,H_2O + 2e^- \text{ --------- } 2\,OH^- + H_2O_2$$

$$Au \text{ ---------- } Au^+ + e^-$$

$$Au^+ + CN^- \text{ --------- } AuCN$$

$$AuCN + CN^- \text{ --------- } Au\,(CN)^-_2$$

En las reacciones anteriores se puede apreciar la importancia del oxígeno disuelto que se induce al proceso directamente de la atmósfera, como también la del agua como vehículo fundamental en el proceso. También se tiene la formación del compuesto de la sal de oro (Aurocianuro) y que aplica de manera similar para la plata (Argentocianuro).

La reacción de lixiviación no es simple de explicarla, pero conforme a los avances la reacción general del cianuro ha sido mejor entendida y tiene que ver con la reacción del cianuro en una solución alcalina y aireada, presentándose enseguida las reacciones condensadas actuales, mismas que consideran las semireacciones anódicas como las catódicas:

$$\mathbf{2\ M + 4\ NaCN + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ NaM\ (CN_2) + 2\ NaOH + H_2O_2}$$

$$\mathbf{2\ M + 4\ NaCN^{-} + H_2O_2 \rightarrow 2\ M(CN)^{-}_2 + 2OH}$$

Donde:

M = Metal (Au o Ag)

La solubilidad del oro en soluciones de cianuro fue reconocida desde el año de 1783 por Scheele (Suiza) y fue estudiado en la década de 1840 a 1850 por Elkington y Bagration (Rusia), Elsner (Alemania) y Faraday (Inglaterra), siendo Elkington quien patentó el uso de cianuro de potasio para el proceso de galvanostegia de oro y plata (por ejemplo “chapeados” de oro).

Las reacciones anteriores se derivan de los primeros científicos que reconocieron las propiedades de disolución del cianuro, **reconociéndose actualmente que la solubilidad del oro por el cianuro es una contribución de Scheele (Suiza) en el año de 1793**, como un aspecto que fue estudiado entre los años 1840 y 1850 por diversos autores tales como Elkington y Bagration (Rusia, 1840), Elsner (Alemania, 1846) y

Faraday (Inglaterra,1856) con la importancia del oxígeno en la reacción, aunque dicho autor como tal no formuló la reacción de disolución. Posteriormente se tienen otras reacciones tales como la de MacArthur y los hermanos Forrest (1887), o la de inventores del proceso de cianuración como Bodlander (1896), Sulman (1895), Boonbstra (1943) y Thompson (1947).

A nivel de la capa molecular superficial, se sucede una corrosión en las microceldas superficiales de la fase metálica (en este caso en la superficie de las especies mineralógicas que contienen los valores preciosos, ya sea vetillas o partículas libres diseminadas) cuando se expone al contacto con un solución de cianuro contendiendo oxígeno, formándose complejos (por ejemplo de oro) que son más o menos estables entre sí, por ello **el mecanismo actual de disolución reconocido científicamente conlleva reacciones anódicas y catódicas en la microcelda que ocurren de manera paralela, aunque para fines prácticos y estequiométricos se sigue aplicando la reacción anteriormente citada (1)**.

Elementalmente las sales simples de cianuro tales como de sodio, potasio o calcio, se disuelven y ionizan en agua formando sus respectivos iones libres del sodio y del cianuro:

$$NaCN \rightarrow Na^{+} + CN^{-}$$

Los iones de cianuro se hidrolizan posteriormente en el seno del agua para formar cianuro de hidrógeno molecular y iones hidroxil con un incremento en el pH:

$$CN^{-} + H_2O \rightarrow HCN + OH^{+}$$

El cianuro de hidrógeno resultante es un ácido débil que se disocia completamente en agua como sigue:

$$HCN \rightarrow H^{+} + CN^{-}$$

Las reacciones y comentarios anteriores deben comprenderse textualmente para entender la química del cianuro y no establecer conclusiones subjetivas sobre el comportamiento “nocivo” o “peligroso” del cianuro, **ya que en el seno del agua aproximadamente a un pH de 9.3 la mitad del cianuro existe como cianuro de hidrógeno y la otra mitad como cianuro libre, disociado o reactivo; mientras que a un pH de 10.2 más del 90% del cianuro está presente como cianuro libre (CN^-)** y a un pH de 8.4 existe como cianuro de hidrógeno. Esto reviste una importancia toral ya que el cianuro de hidrógeno tiene una relativa alta presión de vapor (100 kPa a 26 °C) y consecuentemente se volatiliza muy rápidamente en la superficie líquida en condiciones ambiente causando una pérdida de cianuro de la solución y generándose el estado peligroso del llamado “ácido cianhídrico” en ese momento, aspecto que debe comprenderse a plenitud ya que el cianuro de hidrógeno existe en los dos estados (líquido o gas) dependiendo del valor del pH.

Sobre el hecho anterior se ha construido la curva de equilibrio del cianuro en soluciones acuosas como función del pH, por ello, ante razones de exposiciones de riesgo laboral y/o pérdidas económicas, debe protegerse las soluciones lixiviantes con un álcali protector dependiendo el rango de volatilización de la concentración de cianuro de hidrógeno (es decir, de la concentración total de cianuro y del pH), además del área de la superficie (del líquido o solución) y la profundidad del líquido.

Siendo por ello la razón de que los sistemas de lixiviación deben operarse con un control de pH para controlar y minimizar las pérdidas de cianuro (típicamente sobre un pH de 10.5) aunque también se presentan efectos adversos si el pH es excesivamente alto (>11.5), ya que se pueden precipitar elementos nocivos constituyentes de los minerales, en diferentes formas que potencialmente pueden afectar las etapas subsecuentes.

Dependiendo del tipo de especies y trazas de otros metales que estén presentes en un mineral determinado, la presencia de iones de estos metales en la solución lixiviada pueden tener efectos acelerantes o retardantes en la lixiviación, pudiendo repercutir en la velocidad de la reacción y en el porcentaje de disolución esperada, además de otros factores que inciden en una descomposición (y por tanto pérdida) del cianuro, como el nivel de oxígeno absorbido en la solución (aireación o aspersión en exceso) y el CO_2 presente el aire, ya que se forman compuestos carbonatados y se pierde o descompone el cianuro, siendo esto un aspecto que reviste gran importancia en los procesos de lixiviación en montones, ya que por ejemplo para el caso de minerales altamente oxidados, la descomposición del cianuro por el CO_2 del aire puede ser equivalente a las pérdidas causadas por constituyentes de minerales ácidos en la mena o un pH fuera de los límites de protección alcalina.

De lo anterior es concluyente que el control básico de soluciones cianuradas se centraliza en la protección alcalina, la concentración de oxígeno en niveles controlados (o no excesivos) para evitar la descomposición y consecuente pérdida del cianuro, como en la presencia o no que se tenga respecto de iones de metales interferentes o cianicidas, **no existiendo en fase líquida el cianuro como cianuro de sodio, ya que su propiedad inherente como de muchas otras sales, es el disociarse completamente en agua como desprende de la química de las reacciones, por lo que el cianuro se presenta como ion CN^-, pudiendo manipularse y prepararse sin problemas siempre que se mantenga un control del pH en niveles alcalinos mayores a 10.0 unidades, que se use el equipo de protección y la ventilación adecuada, y que en el caso de reacciones ácidas se lleve a cabo la captación y conducción de las emisiones a sistemas de lavado y neutralización**.

El ajuste del pH se generará en este caso por medio de cal hidratada $CaOH_2$ y el pH otorgado por la sosa cáustica que se utiliza en la etapa de elusión del proceso **ADR**, debiendo controlar en paralelo las incrustaciones en las tuberías que se derivan del empleo de la cal con una sustancia anticrustante.

En cuanto a la catálisis de disolución de los valores en el proceso de lixiviación tampoco es simple de explicarla, sin embargo, involucra reacciones heterogéneas en la interface sólido-líquido con los siguientes pasos secuenciales que suceden durante la etapa de lixiviación:

- Adsorción de O_2 en la solución.
- Transporte de cianuro y O_2 a la interface sólido-líquido.
- Adsorción de los solutos reactantes en la superficie del metal.
- Celebración de reacciones electroquímicas paralelas, tanto anódicas como catódicas entre los reactantes y el metal.
- Desadsorción de los complejos solubles desde la fase sólida.
- Transferencia y transporte de los metales disueltos a la solución.

Tabla II. 43. Criterios de diseño y parámetros de operación de la plataforma de lixiviación

Etapa	Criterios de diseño	Parámetro
Plataforma de lixiviación	• Parámetros de diseño:	Localidad, San Antón de las Minas, Dolores Hidalgo, Gto., Méx.
	Temperatura más baja promedio	-1.2 ºC
	Temperatura más alta promedio	26.5 ºC
	Temperatura más baja absoluta	-8.0 ºC
	Temperatura más alta absoluta	42.0 ºC
	Precipitación promedio anual	585.9 mm
	Precipitación máx. registrada en 24 h	96.7 mm (julio, 1983)
	Precipitación diseño 24 h para un periodo de 100 años	111.8 mm
	Evaporación anual, periodo de retorno de 100 años	1,348.7 mm con los registros de los meses más húmedos
	Evaporación anual, periodo de retorno de 100 años	2,186.5 mm con los registros de los meses más secos
	• Operación:	365 d/año, 7 d/semana, 24 h/d, 3 turnos/d de 8 h c/u
	• Disponibilidad:	95%
	• Alimentación nominal:	16,440 tpd (apilamiento de mineral proyectado)
	• Humedad mineral nominal:	5%
	• Tamaño de alimentación a stockpile:	P100 = 0.3125 in (-8.0 mm
	• Patio de Lixiviación:	Tipo: Camas sucesivas superpuestas
	Configuración constructiva del recubrimiento	Recubrimiento del tipo compuesto con una geomembrana de HDPE 60 mil en secciones lisa y texturizada tendida sobre una Sub-base arcillosa compactada y nivelada de 30 cm sobre la subrasante preparada del terreno, con un grava dren de 70 cm de espesor, con grava graduada de

Etapa	Criterios de diseño	Parámetro
		1~2" y arena sin finos, con redes de tubería ranurada y perforada
		primarias, secundarias y terciarias de diferentes diámetros
		de PCPE y HDPE, con camas o montones de mineral
		sobre el overliner, además de un sistema de subdrenaje
		del tipo francés en secciones del terraplén de cimentación,
		a base de redes de tubería de10" de PCPE protegida con
		un relleno de grava enmarcada con una capa de geotextil
		y relleno protector adicional de grava
	Altura de las camas	10 m
	Ancho bermas entre camas	15 m
	Irrigación activa	90 días (riego mínimo)
	Irrigación pasiva	120 días (variable según % disolución obtenida)
	Flujo solución	10 a 12 L/h/m²
	Au disuelto	76%, min. oxidado, 64%min. parcialmente oxidado
	Ag disuelta	48% min. oxidado, 51.6% min. parcialmente oxidado
	Cu disuelto	19% min. oxidado, 41.2% min. parcialmente oxidado
	Extracción y Recuperación de los valores	Etapas Unitarias de los procesos SAR, ADR y Refinería
	Conc. Sol. NaCN libre	0.02~0.10%
	Conc. Sol. CaO	0.10~0.15%
	pH de trabajo	10.5~11.0
	Sol. Rica Pileta	0.02% NaCN con 1.03, 17.00 y 558 g/m³, de Au, Ag y Cu

Tabla II. 44. Criterios de diseño y parámetros de operación de las piletas

Etapa	Criterios de diseño	Parámetro
Pileta de Solución Preñada o rica	• Pileta de Solución Rica o Preñada:	Doble recubrimiento HDPE de 60 mil lisa inferior o secundaria con geomalla intermedia, geomembrana texturizada de 60 mil superior o secundaria, sobre Sub-base arcillosa de 30 cm
	Volumen operativo	4,160 m³
	A nivel de bordo libre es de 0.6 m por debajo de las crestas de las piletas	74,500 m³
	Bombas de reciclo de sol. rica	Tipo sumergibles para 325 a 375 m³/h para 66 ft de CDT
Pileta de Solución Intermedia	• Pileta de Solución Intermedia o de control:	Doble recubrimiento HDPE de 60 mil lisa inferior o secundaria con geomalla intermedia, geomembrana texturizada de 60 mil superior o secundaria, sobre Sub-base arcillosa de 30 cm
	Volumen operativo hasta el vertedor	4,160 m³
	A nivel de bordo libre es de 0.6 m por debajo de las crestas de las piletas	87,500 m³
	Bombas de reciclo de sol. estéril	Tipo sumergibles para 325 a 375 m³/h para 66 ft de CDT
Pileta de Emergencias o Eventos	• Pileta de Excedencias, Eventos o Emergencias No. 1:	Doble recubrimiento HDPE de 60 mil lisa inferior o secundaria con geomalla intermedia, geomembrana texturizada de 60 mil superior o secundaria, sobre Sub-base arcillosa de 30 cm superior o secundaria, sobre Sub-base arcillosa de 30 cm,
	A nivel de bordo libre es de 0.6 m por debajo de las crestas de las piletas	377,200 m³

2.2.6.1.11. Diagramas de flujo de operaciones para beneficio

Un diagrama ilustrativo que muestra el flujo de la etapa de lixiviación se presenta en de manera gráfica en las siguientes páginas y de igual forma el correspondiente al circuito completo del proceso de beneficio, ver anexo 09-03.

Figura II. 60. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 1 de 3

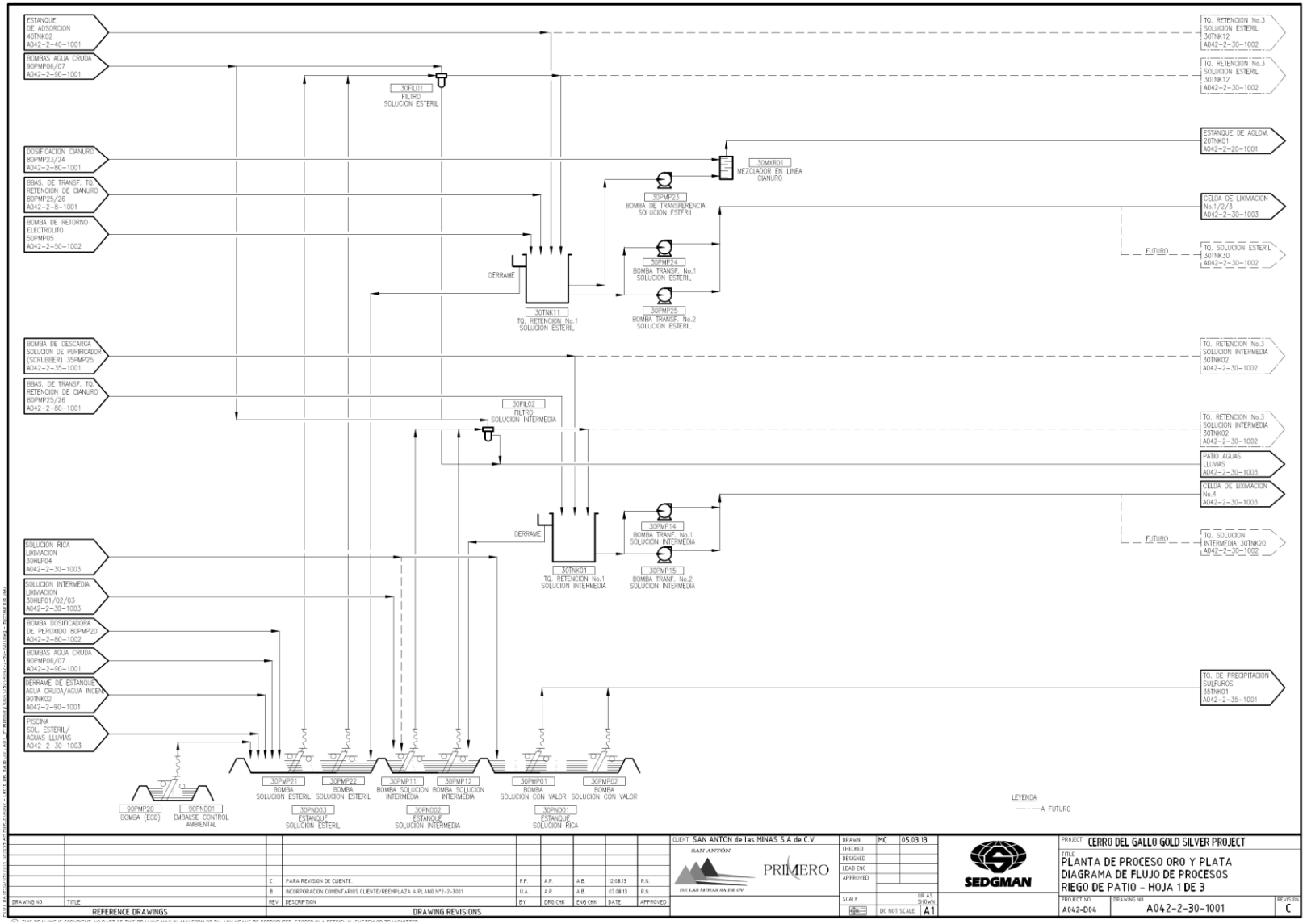


Figura II. 61. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 2 de 3

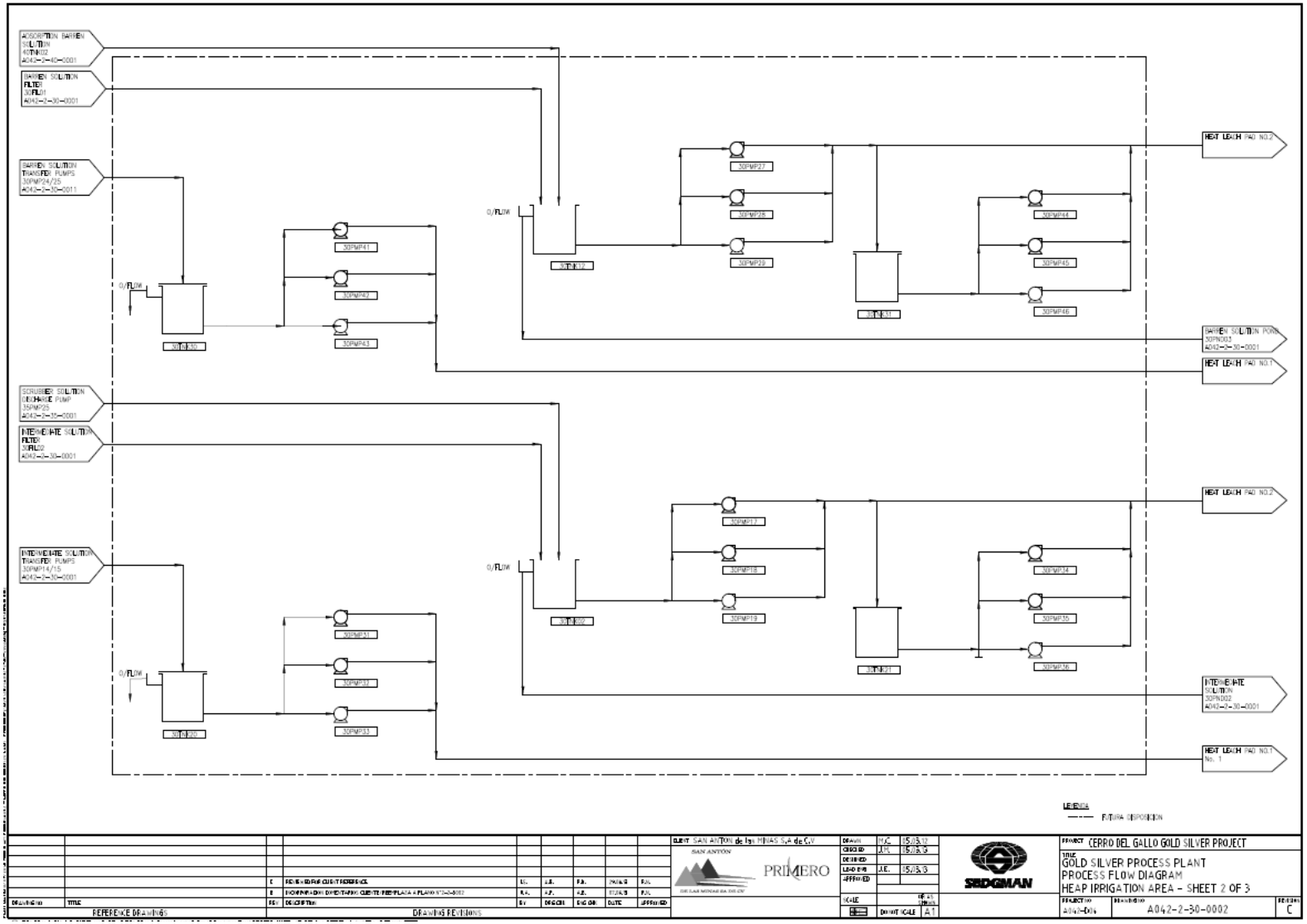


Figura II. 62. Diagrama de flujo de la etapa de lixiviación 3 de 3

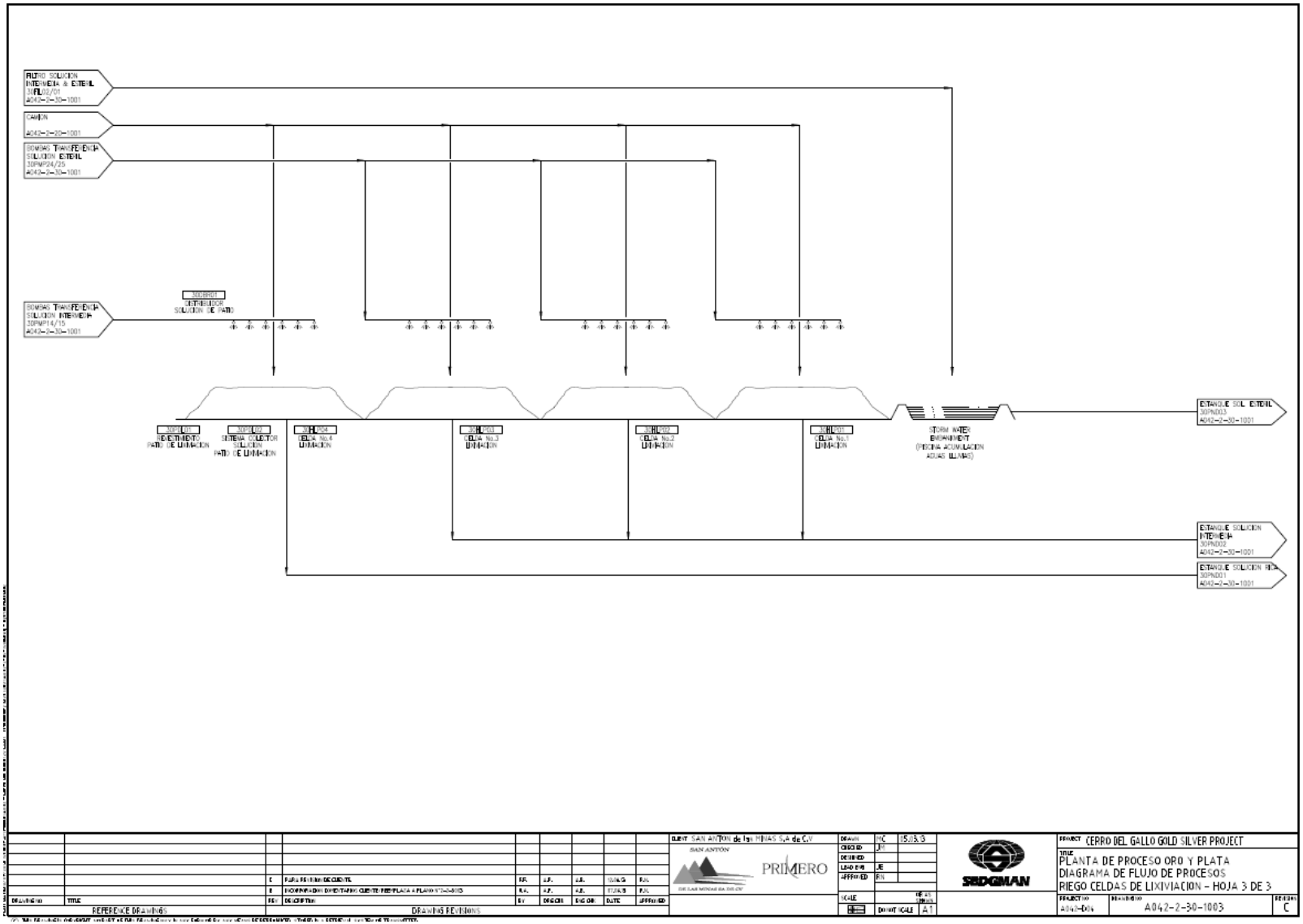
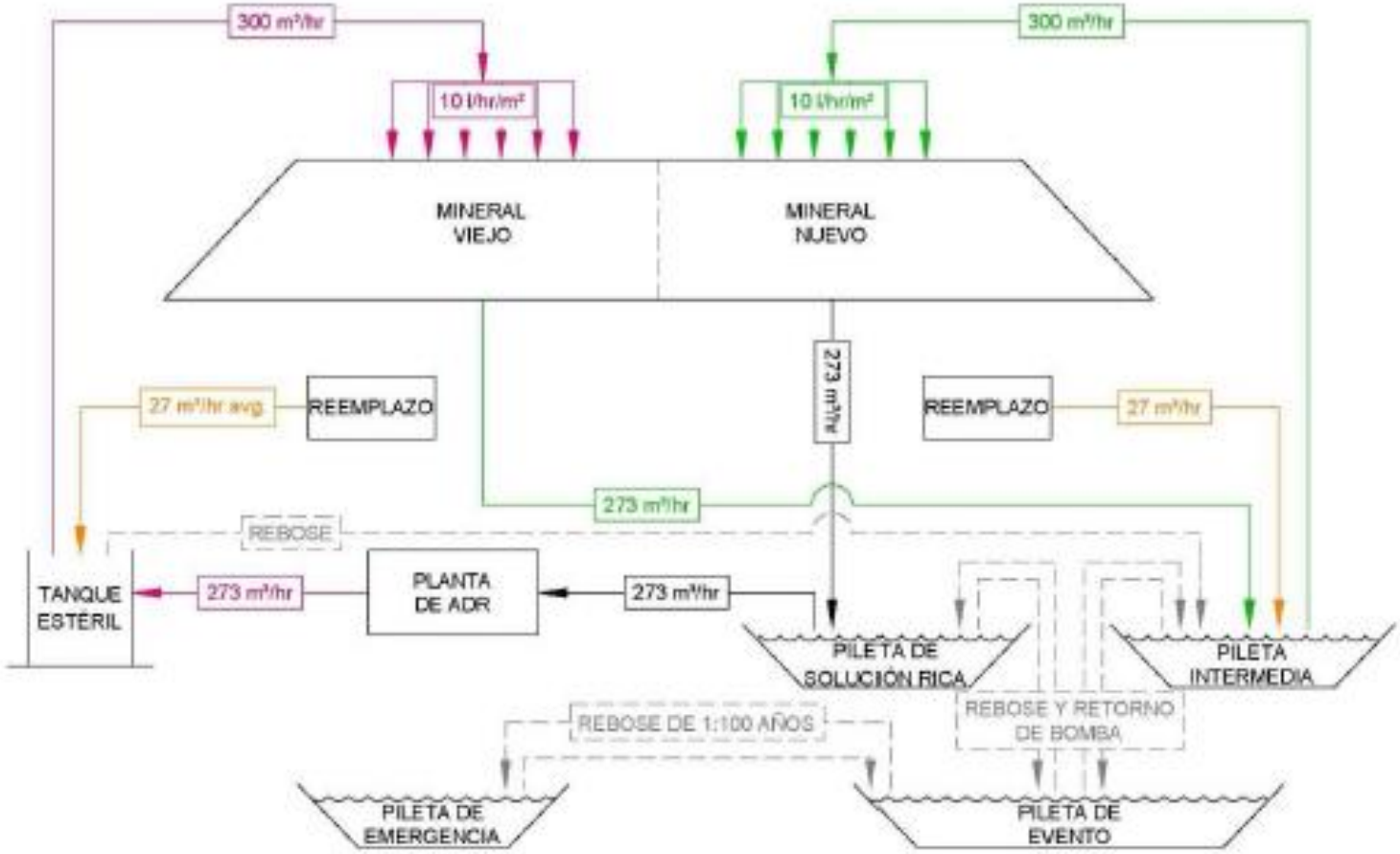


Figura II. 63. Diagrama del proceso de beneficio



NOTA: LAS TASAS PRESENTADAS SON VALORES MEDIOS ANUALES Y SE BASEN EN LAS TASAS DE FLUJO DE DISEÑO, PÉRDIDAS DE LA PLANTA DE ADR, CONDICIONES CLIMÁTICAS PROMEDIAS Y LAS ÁREAS DE ETAPA 1

2.2.6.1.12. Proceso (SART, ADR y Refinería)

La planta de beneficio **considera una nave industrial con el conjunto de procesos en un solo terraplén y nave industrial**, donde se tendrá acceso restringido a los operadores y personal capacitado, contándose con dispositivos de seguridad en las áreas de preparación de reactivos, etapas de elusión y regeneración por tratamiento químico del carbón activado.

La planta se ubicará en un sitio **que se encuentra al Sureste de la 1ª Etapa del Patio de Lixiviación** y al NE de los laboratorios y áreas de oficinas generales de la Unidad Minera, instalándose todo el equipamiento en una plancha corrida de hormigón de concreto, con cimentaciones, vigas, estructuras, escaleras, pasamanos y parrillas irving de acero, además de un dique perimetral, sumideros con bombas verticales para control y reciclo de probables escurrimientos, letreros de procedimientos de seguridad, dispositivos de combate a incendios, detectores automáticos de emisiones de cianuro, así como señalamientos alusivos a la capacidad y tipo de sustancias en tanques, rombos de seguridad y medidas correlativas al cuidado del medio ambiente.

2.2.6.1.13. Circuito en la planta SART

En el circuito **SART** *-acrónimo en inglés de este proceso-*, la primera etapa unitaria consiste en la **Acidificación** de la solución preñada proveniente de la pileta de solución rica **para un caudal de diseño de 1250 m^3/h** (292 m^3/h en eventos de tormentas contingentes) mediante la dosificación de ácido sulfúrico continuando con una disolución de sulfhidrato de sodio (**Sulfidización**) en un tanque acondicionador que cuenta con un agitador donde se llevarán a cabo las reacciones para precipitar los iones de Cu y Ag presentes en la solución rica con un pH de trabajo de 4.5 unidades (las reacciones involucradas se describen más adelante en el apartado que trata sobre los principios hidrometalúrgicos del proceso **SART**).

El caudal de solución rica que se alimentará al proceso **SART** contendrá en promedio 0.57,15.00 y 100 respectivamente, con una concentración del orden de 200 ppm de

cianuro libre, para un flujo nominal de **1250 m^3/h** y de 292 m^3/h en eventos de tormentas contingentes; obteniéndose como resultado de las reacciones y catálisis del proceso un **precipitado de sulfuros de Cu-Ag** que se descargará de una etapa de **Espesamiento Primario** que se lleva a cabo en un tanque espesador.

El derrame del espesador primario de sulfuros **se neutralizará en dos tanques acondicionadores en serie con lechada de cal para neutralizar el pH ácido** que fue necesario agregar en el acondicionador de sulfuros para que llevar a cabo la reacción de precipitación; alimentándose la descarga del último acondicionador en serie en una etapa de **Espesamiento Secundario** cuyo bajo flujo de pulpa espesa se alimentará por bombeo en otro tanque acondicionador donde el precipitado de yeso resultante será mezclado con agua industrial para alimentarse a un filtro de presión. La solución de la etapa de filtración de yeso (filtrado) se reciclará a la cabeza del circuito **SART** mientras que el yeso semiseco a granel será enviado a su disposición final mediante camiones tolva en un área dedicada del patio de lixiviación.

En este punto cabe destacar que la obtención de un precipitado de yeso hidratado ($CaSO_4$) en el circuito **SART** obedece a la presencia de los iones sulfato (producto de la etapa de acidificación) presentes en el derrame del espesador primario como de los iones de calcio aportados por la lechada de cal, presentes ambos en la fase líquida de los acondicionadores de neutralización.

El bajo flujo de pulpa espesa del espesador primario se alimentará por su parte por bombeo a otro tanque acondicionador para el precipitado de sulfuros que alimentará también a un filtro de presión donde se obtendrá el precipitado semiseco de sulfuros mientras que el filtrado resultante de esta etapa se reciclará igualmente a la cabeza del circuito **SART**.

Como parte integral de la catálisis y reacciones que se llevan a cabo en el proceso SART, es importante señalar que se formará cianuro de hidrógeno (HCN) cuya

presencia dominantemente estará en la fase acuosa como cianuro libre o disociado sin representar problema alguno, mientras que aquellas pequeñas fracciones de cianuro de hidrógeno (HCN) que probablemente se reporten a la fase gaseosa como ácido cianhídrico, se contará con un sistema de captación, conducción y lavado de emisiones en un Scrubber donde se utilizará solución de sosa proveniente del procesos ADR para la neutralización de cualquier traza de cianuro que pueda representar un riesgo, sin menoscabo de la lechada de cal que se utiliza igualmente en los acondicionadores de la etapa de neutralización de la etapa de acidificación y sulfidización, teniéndose por tanto el uso de dos sustancias neutralizantes en el proceso SART que son la lechada de cal en la etapa de neutralización de la fase ácida y solución de sosa que se utiliza tanto en el Scrubber como en el tanque acondicionador del precipitado de sulfuros de Cu-Ag.

De los anterior, se desprende que todas las emisiones de los tanques donde la probabilidad de generación de ácido cianhídrico es posible aunque este se presente en pequeñas trazas, como elemento no subjetivo que se deriva de las reacciones básicas del proceso que se explicarán más adelante; se captarán y conducirán al sistema de neutralización y lavado de emisiones o gases en el Scrubber, por lo que las emisiones del tanque espesador primario y las de los tanques acondicionadores del precipitado de sulfuros y de neutralización del derrame del espesador primario de las etapas de acidificación y sulfidización, se captarán y conducirán hacia una etapa de neutralización en un sistema automatizado y cerrado que cuenta con una etapa de lavado (Scrubber), donde las emisiones se contactarán con el flujo líquido de solución de sosa proveniente del proceso **ADR**, llevándose a cabo una neutralización de la fase gaseosa en el Scrubber.

El flujo de solución del sistema de lavado con cianuro residual libre y un pH de 10. 5~11.5 unidades, se **Reciclará** nuevamente al proceso a través de la pileta de solución intermedia para su reutilización en el riego de las Celdas del patio de lixiviación, previo ajuste de las concentraciones de cianuro y pH en niveles seguros para la protección

alcalina del cianuro, conforme a los niveles de consumo acordes con las leyes del mineral alimentado y por encima del nivel estequiométrico que se requiere para la lixiviación debido a las pérdidas causadas por oxidación, iones interferentes cianicidas, evaporación y demás fenómenos ya comentados con anterioridad que provocan la descomposición del cianuro en el proceso.

En el proceso **SART** se obtendrán dos precipitados en las etapas de desaguado en filtros de presión, donde uno consistirá en el precipitado de Cu-Ag para una producción media proyectada de 164 kg/h que será remitido para su venta y aprovechamiento industrial en refinerías, mientras que el precipitado de yeso residual generado a un ritmo de diseño de 931 kg/h, será enviado a su disposición en forma granular y semiseca (7% de humedad) por medio de camiones en un área dedicada con recubrimiento al interior de la propia plataforma de la 1ª etapa del Patio de Lixiviación.

El proceso SART es una adaptación y mejora del conocido proceso AVR (Acidificación-Volatilización-Reneutralización), como un esquema alternativo que viene utilizándose desde la década pasada a nivel global en diversas operaciones mineras de Canadá, Chile y en México se usó este sistema en Minera Corner Bay en Álamo Dorado en el estado de Sonora.

Para yacimientos auríferos, permitiendo alcanzar recuperaciones de hasta un 98% para metales de Cu y Ag que están presentes en especies minerales donde ocurre una asociación de Au y Cu, donde este último elemento causa una serie de problemas para obtener recuperaciones aceptables de Au y Ag.

En el circuito de la planta **SART** se obtendrá en primera instancia un precipitado de Cu-Ag por reducción que resultará de una primera reacción que se llevará a cabo en un tanque acondicionador y que se vincula con las fases de Acidificación y Sulfidización. Asimismo, se obtendrá un residuo de yeso producto de una segunda reacción de neutralización.

Ambos precipitados (de Cu-Ag y yeso) serán espesados y filtrados de manera independiente, disponiéndose el yeso en un área dedicada que cuenta con recubrimiento cercana a las camas de mineral gastado al interior de la 1ª Etapa del Patio de Lixiviación, mientras que el precipitado de Cu-Ag será remitido a su venta, refinación y aprovechamiento en una fundición externa.

El subproducto del circuito **SART consistirá en una solución enriquecida con iones disueltos de Au y iones remanentes de Cu y Ag** ante la eficiencia de extracción del proceso **SART** del orden de un 98% tanto de Cu como de Ag, así como un 3% de Au que se extrae en el mismo proceso y se reporta al precipitado, transfiriendo la solución enriquecida de este circuito con 0.50 g/m^3 de Au y concentraciones remanentes de 0.34 y 11.00 g/m^3 de Ag y Cu a un tanque que regulará la alimentación a la columna líder de la etapa de Adsorción del proceso ADR.

2.2.6.1.14. Mecanismo hidro-metalúrgico del proceso SART

El mecanismo bajo el cual se lleva a cabo el proceso **SART** está representado por las siguientes reacciones que suceden de manera secuencial para las etapas de Acidificación-Sulfidización donde se lleva a cabo la precipitación de Cu-Ag en un primer tiempo y la formación de yeso en un segundo tiempo, como se puede observar enseguida:

Acidificación:

$$2CN^{-}_{(ac)} + H_2SO_4 \rightarrow 2HCN_{(ac)} + SO_4^{-2}{}_{(ac)}$$

Sulfidización-Precipitación:

$$2M(CN)^{-2}_{x(ac)} + S^{-2} + 6H^{+} \rightarrow M_2S_{(s)} + 6HCN_{(ac)}$$

Dónde: M = Metal (Cu o Ag)

ac = fase acuosa

s = fase sólida

x = 2 para Ag, 3 para Cu

Neutralización y precipitación de yeso:

$$2HCN_{(ac)} + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(CN)_{2(ac)} + 2H_2O_{(ac)}$$

$$Ca^{+2} + SO_4^{-2} \rightarrow Ca(SO)_{4(s)}$$

De las reacciones anteriores se puede inferir **la presencia del HCN que se mantiene principalmente disuelto como cianuro libre o disociado en la solución**, pudiéndose presentar **pequeñas emisiones de la fase gaseosa del HCN** (ácido cianhídrico), las cuales se colectarán y conducirán a un sistema de neutralización y lavado en un Scrubber, **reciclándose y reutilizándose el cianuro nuevamente en forma disociada (CN^-)** al proceso de lixiviación a través de la pileta de solución intermedia.

La formación de **HCN se presenta principalmente en fase acuosa y en menor proporción en fase gaseosa**, como compuestos que son consecuencia directa de las reacciones y catálisis del proceso y no de una acción involuntaria o como descontrol del proceso, debiendo tener en cuenta que si bien el ácido cianhídrico es sumamente tóxico tiene una cinética muy activa por lo que se volatiliza rápidamente; siendo una propiedad inherente del **HCN** el que puede presentarse tanto en fase líquida como en la fase gaseosa dependiendo del pH, ocurriendo un probable riesgo cuando la exposición laboral es cercana al punto de emisión o en espacios cerrados, aspecto que el caso del proceso

SART no son factores que se presenten debido al control y neutralización de las emisiones y el espacio abierto de la nave industrial.

Los criterios de diseño y condiciones de operación se presentan en el cuadro siguiente: Diseño de planta SART adjunto en el correo donde se recibió este archivo revisado.

Tabla II. 45. Criterios de diseño y condiciones de operación Planta SART.

Criterios de diseño	Parámetro
• Acidificación-Sulfidización:	
Alimentación nominal	1250 m³/h
Tanque reactor	1 de 522 m³ con mecanismo agitador
pH alimentación solución de pileta de sol. preñada	10.5 unidades
PH ajustado con H2SO4	4.5 unidades
• Concentración de la alimentación:	
Au	1.03 g/m³
Ag	17.00 g/m³
Cu	558 g/m³
• Contenido metálico en la alimentación:	
Au	0.24 kg/h
Ag	4.00 kg/h
Cu	131 kg/h
• Concentración de cianuro en la alimentación:	160~200 ppm de CN libre
• Consumo de ácido:	
Cu	0.63 kg H2SO4/t mineral (1.5 kg/m³ de solución preñada)
CN	0.07 kg H2SO4/t mineral (0.16 kg/m³ de solución preñada)
Tasa de consumo	459 kg/h (11 t/d, 3,016 t/año)
Concentración del ácido comercial	98%, líquido, GE 1.84 t/m³
Tanque de almacenamiento de ácido	50 m³ con sistema de bombeo
• Consumo de sulfhidrato de sodio:	
Ag	0.002 kg NaHS/t mineral (0.005 kg/m³ de solución preñada)
Cu	0.07 kg NaHS/t mineral (0.16 kg/m³ de solución preñada)
Tasa de consumo	67.1 kg/h (1,610 t/d, 441 t/año)
NaHS comercial	60~70% de pureza, sólido en hojuelas, GE 0.75 t/m³
Tanque de preparación de disolución de NaHS	10 m³ con sistema de bombeo
Tanque de almacenamiento de disolución de NaHS	50 m³ con sistema de bombeo
• Tanque espesador para precipitado sulfuros:	82 x 10 ft (diámetro por altura, tipo alta capacidad, Hi-Rate)
Alimentación al espesador	267 m³/h
Derrame del espesador	243 m³/h
Floculante agregado al espesador	2 g/m³ (13.7 kg/d)
Concentración de sólidos pulpa espesa	15%
Fase sólida del bajoflujo	4.13 t//h
• Precipitado obtenido:	164 kg/h (sulfuro de Ag y Cu)
• Cianuro recuperado:	75%
• Filtro de presión para precipitado de sulfuros:	
Alimentación al filtro	descarga espesador sulfuros (0.16 t de precipitado húmedo/h)
Tasa de filtración estimada	0.04 t/m² x h
Área de filtración total	36.2 m² (10 marcos 1.8 m² por lado, 3.6 m² total por c/marco)
Densidad de la torta semiseca	5.0 t/m³
Utilización de diseño	80%

Criterios de diseño	Parámetro
Tasa de filtración calculada	0.6 t/ciclo
Tiempo de cada ciclo de filtración	60 minutos
Tiempo de operación por día	8.3 h
• Tanque de Neutralización del sobreflujo:	
Derrame del espesador de sulfuros	243 m³/h
pH alimentación	4.5 unidades
PH ajustado con lechada de cal hidratada	10.5 unidades
Consumo de cal hidratada	401 kg/h (9.6 t/d, 0.58 kg/t mineral)
Yeso producido	931 kg/h (22.3 t/d, 8,155.6 t/año)
• Tanque espesador para precipitado de yeso:	28 x 10 ft (diámetro por altura, tipo alta capacidad, Hi-Rate)
Alimentación al espesador	272 m³/h
Derrame del espesador	247 m³/h
Floculante agregado al espesador	2 g/m³ (13.7 kg/d)
Concentración de sólidos pulpa espesa	25%
Fase sólida del bajoflujo	4.17 t//h
• Filtro de presión para precipitado de yeso:	
Alimentación al filtro	descarga espesador de yeso (0.97 t de precipitado húmedo/h)
Tasa de filtración estimada	0.05 t/m² x h
Área de filtración total	26.36 m² (7 marcos 1.8 m² por lado, 3.6 m² total por c/marco)
Densidad de la torta semiseca	2.3 t/m³
Utilización de diseño	80%
Tasa de filtración calculada	1.3 t/ciclo
Tiempo de cada ciclo de filtración	60 minutos
Tiempo de operación por día	22 h
• Scrubber lavador de emisiones:	
Concentración de sosa	50% (líquida) (tanque almacenamiento de sosa de 50 m³ 316)
Consumo de sosa	280 kg/h (6.72 t/d) (366 L/h)
• Silo de cal:	60 t
• Tanque de sosa líquida:	50 m³ con sistema de bombeo
• Tanque de anticrustante:	4 m³ con sistema de bombeo, consumo 30 kg/d en lix. (4 g/m³)
• Descarga de solución enriquecida de SART:	
Flujo nominal de descarga	285 m³/h
Au	1.00 g/m³ (extracción en SART = 3.0%)
Ag	0.30 g/m³ (extracción en SART = 98.2%)
Cu	11.2 g/m³ (extracción en SART = 98.0%)

Un diagrama de bloques que muestra el circuito del proceso **SART** donde es muy simple distinguir las etapas donde se pueden generar emisiones gaseosas y los puntos donde se emplean sustancias neutralizantes a base de lechada de cal y solución conteniendo sosa cáustica, se presenta en la figura siguiente: Se reitera que las instalaciones y equipos de los procesos **SART**, **ADR** y **Fundición**, se localizan en una misma nave y área industrial, el diagrama de flujo completo que corresponde al circuito del proceso **SART** se presenta en la figura subsiguiente compuesta de dos partes, ver anexo 09-03.

Figura II. 64. DTI proceso SART 1 de 2

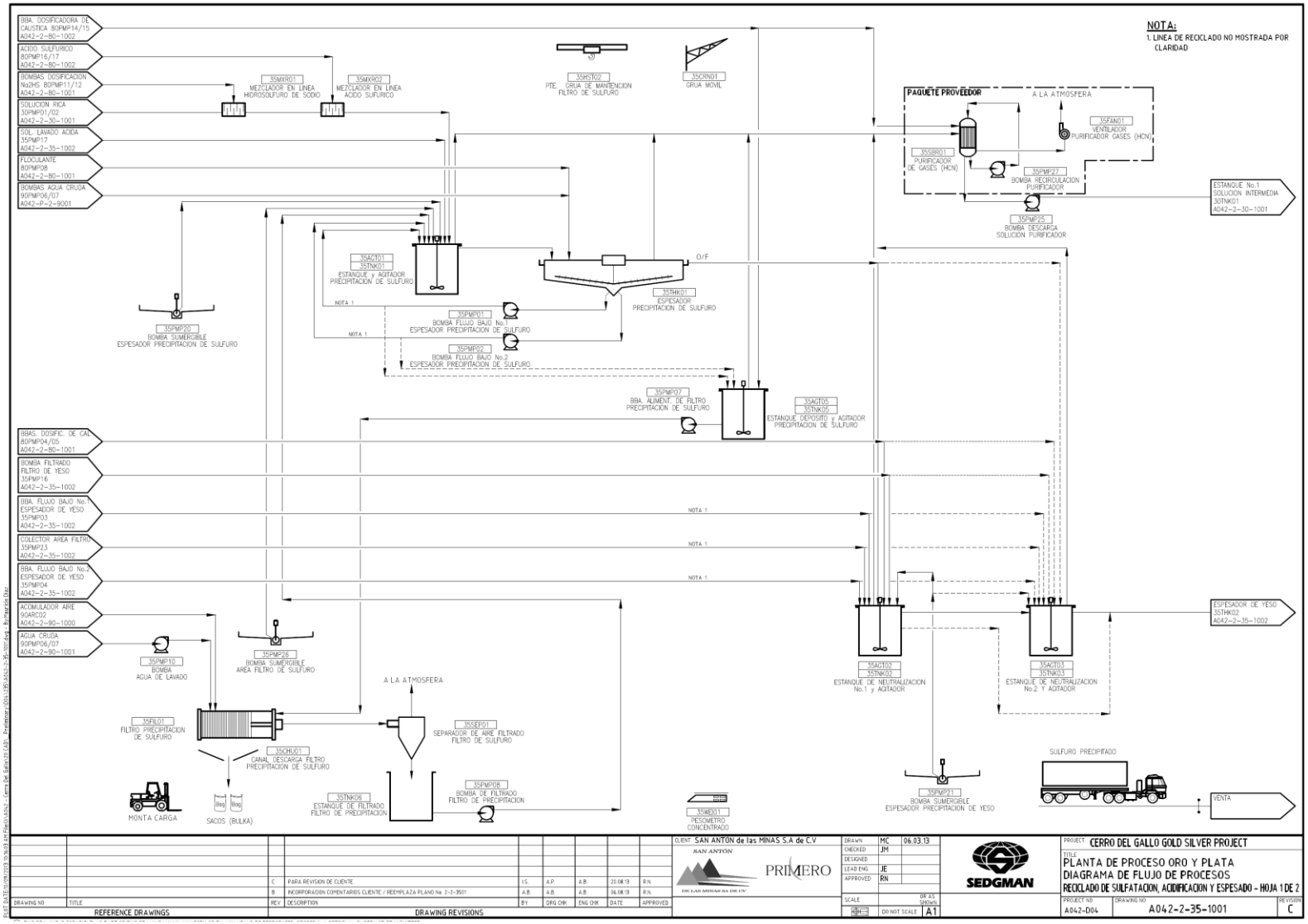
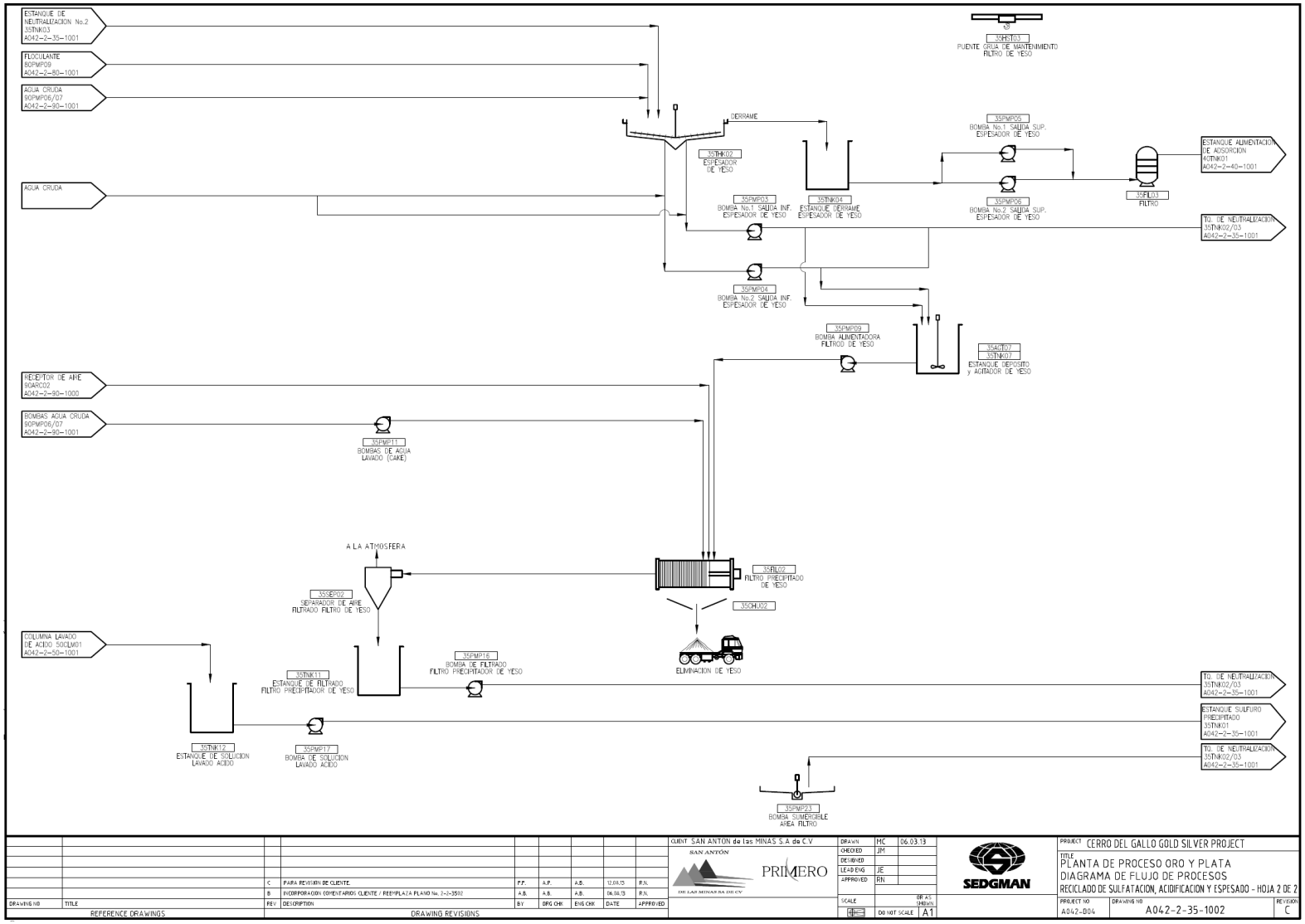


Figura II. 65. DTI proceso SART 2 de 2



2.2.6.1.15. Proceso de beneficio ADR

a) Recuperación de valores

La solución rica de salida de la Planta **SART** se recibirá en un tanque de regulación que **alimentará a la columna líder** del tren de adsorción de la **Planta ADR** con un flujo de diseño de 1250 **m^3/h**, donde los valores serán reducidos en los microporos de las partículas de carbón activado que está contenido en lecho de carbón al interior y fondo de cada columna, las cuales serán de una capacidad de 24 m^3. La **Planta ADR** considera un tren de adsorción **compuesto por 5 columnas con capacidad de 10 t de carbón c/u** de 4.00 x 5.16 (metros de diámetro por atura), **1 columna para las etapas de lavado ácido y enjuague** de 13.3 m^3 de 1.4 x 9.0 (metros de diámetro por altura) que recibirá la alimentación de carbón cargado de la columna líder de la etapa de adsorción, seguido de **1 columna de elusión con capacidad de 13.3 m^3** de 1.4 x 9.0 (metros de diámetro por altura) y **2 celdas electrolíticas**; las cuales operarán en paralelo para cubrir la demanda de la solución rica procedente de la etapa de elusión, para un flujo de diseño de 45.6 m^3 que será alimentado a la etapa de electrólisis (22.8 m^3/celda).

La operación de la etapa de adsorción conlleva que la solución fluirá por gravedad en cascada desde la primera hacia la quinta columna donde el flujo de salida consistirá en la solución gastada o estéril que se reciclará a las etapas de lixiviación y aglomeración por medio de un tanque, haciendo los ajustes necesarios en las concentraciones de cianuro libre y álcali protector mediante la reposición de cianuro concentrado y cal para mantener los parámetros de concentración y pH que se requieren en la solución de riego en las Celdas del patio.

El lecho de pulpa carbón de la última columna del tren de adsorción **se bombeará para avanzar en contracorriente desde la quinta hasta la primera columna**, donde el contenido de onzas de valores es el más significativo para una tasa de adsorción del 97% de Au, así como el 97% y 100% de la Ag y el Cu residuales que no fueron recuperados en el proceso **SART**; quedando lista la pulpa de carbón para alimentarse

por bombeo a una etapa cribado ubicada en la cabeza de la columna líder, enviando el sobretamaño de la criba a la columna de lavado ácido y enjuague.

La etapa de lavado ácido y enjuague **se llevará a cabo en una columna de acero inoxidable 316**, empleando para la primera fase de lavado ácido una solución diluida de ácido clorhídrico al 3% para un periodo de tratamiento de 20 minutos en condiciones de temperatura y presión ambiente. Una vez concluida esta etapa se continuará con una etapa de enjuague con agua industrial en la misma columna de lavado ácido para un periodo de contacto de 2 h, descargando el flujo ácido y el agua del enjuague en un tanque de retención cuyo flujo de diseño de 26.7 m^3/h se reciclará al espesador de la etapa de acidificación y sulfidización de la planta **SART**.

El flujo de carbón ya lavado **se alimentará enseguida a la etapa de elusión en otra columna de igual capacidad construida a base de doble placa de acero inoxidable de especificación 2205**, donde en condiciones de temperatura (130 ºC), presión (55 psi), concentraciones de cianuro y sosa (3% c/u) y un periodo de tratamiento de aproximadamente 8~10 h, se llevará a cabo la redisolución o despojo de los valores de los microporos del carbón activado, quedando lista la solución enriquecida para enviarla por bombeo a la etapa de electrólisis. En la etapa de elusión se desarrollarán etapas de remojo, elusión con la solución eluyente, enjuague con agua industrial, enfriamiento y transferencia del carbón despojado; obteniéndose dos flujos, donde uno consistirá en la solución enriquecida que se enviará a la etapa de electrólisis y pulpa de carbón despojado una vez que se haya desalojado la solución rica y se haya sometido el carbón a etapas de lavado al interior de la propia columna de elusión.

El carbón despojado de la columna de elusión ya lavado **se enviará por bombeo a una tasa de 26.7 m^3/h a la criba de desaguado de la etapa de regeneración**, alimentando el sobretamaño a un **horno rotatorio que operará a una temperatura de 700 ºC** provista por un quemador de diésel o gas LP, donde se aplicará un tratamiento térmico que tendrá como objetivo la remoción de partículas orgánicas en los microporos de la

superficie específica de las partículas, descargando el carbón regenerado en un tanque de enfriamiento o temple, a la vez que se repondrá parte del carbón fino o desgastado que ya no cumple con las especificaciones de porosidad necesarias para la etapa de adsorción mediante la adición de carbón nuevo, manteniendo así las necesidades y balance del carbón en el proceso.

Por la concentración de valores de la etapa de elusión del orden de 225.3 g de Au más Ag/m^3, **las celdas de electrólisis donde se lleva a cabo la etapa de recuperación del proceso ADR, se encontrarán dispuestas en área de acceso restringido al interior de la refinería**, donde el precipitado electrolítico una vez desprendido por lavado a presión y secado se alimentará a las etapas de refinación y fundición en un horno basculante que contiene un crisol de carburo de silicio, agregando sustancias fundentes y escorificantes a base de bórax, sílice y carbonato de sodio para reducir el punto de fusión del precipitado y colectar las impurezas de metales secundarios presentes en el precipitado excepto los que son afines al doré (por ejemplo Pb, Cu), **recibiendo la nata fundida de escoria en una lingotera primaria** mientras que **la fase líquida de los metales preciosos se vaciará enseguida en otra lingotera secundaria para formar las barras de doré**, quedando listo el producto final del proceso para su enfriamiento, pesaje y rotulación, tomando pequeños incrementos de muestra de las propias barras para verificar su pureza >90% antes de su pesaje, rotulación y embarque.

El diagrama de flujo del proceso **ADR** se presenta en la figura siguiente compuesta de tres partes, así como en el anexo 09-03:

Figura II. 66. DTI proceso ADR

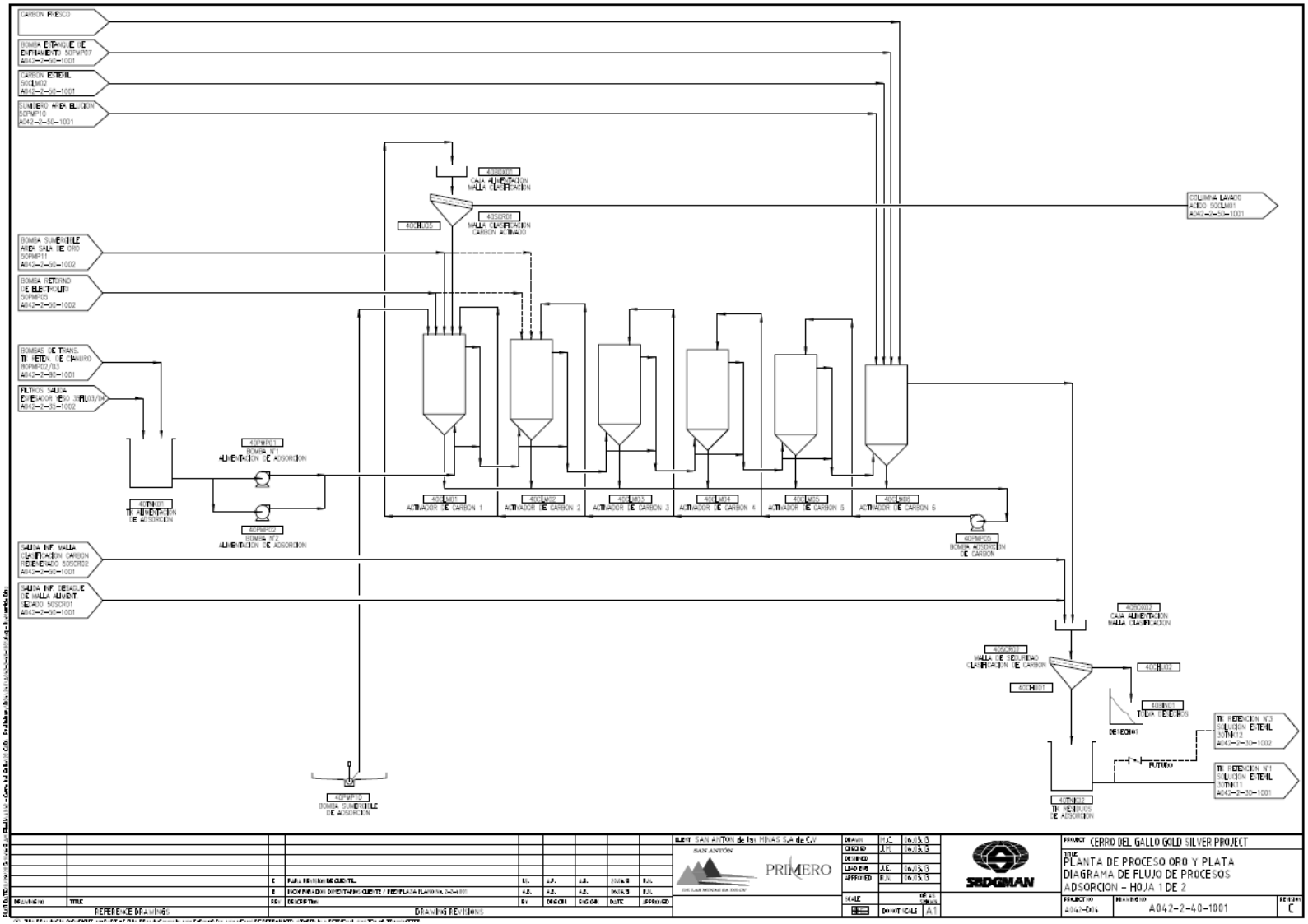


Figura II. 67. DTI proceso ADR

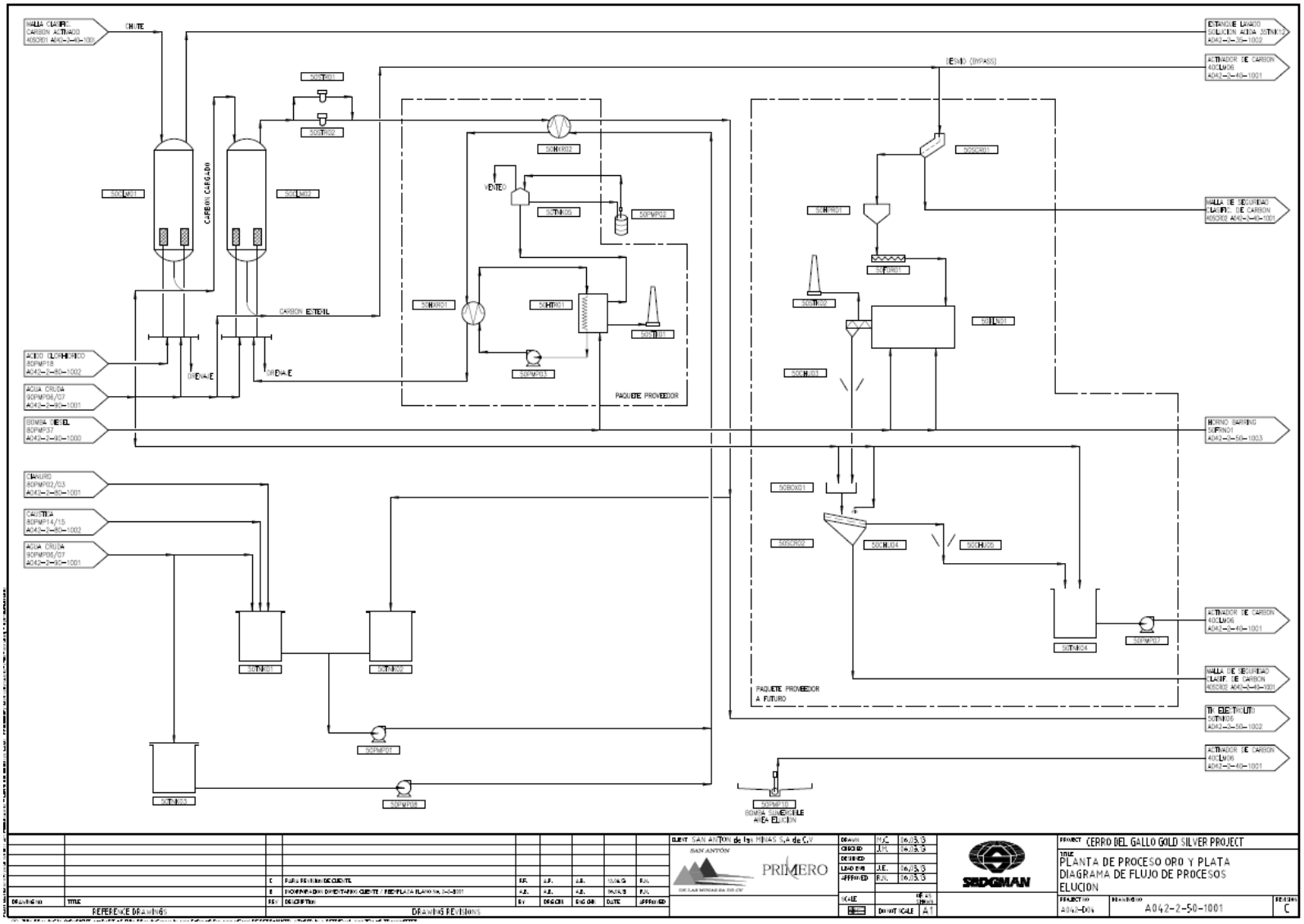
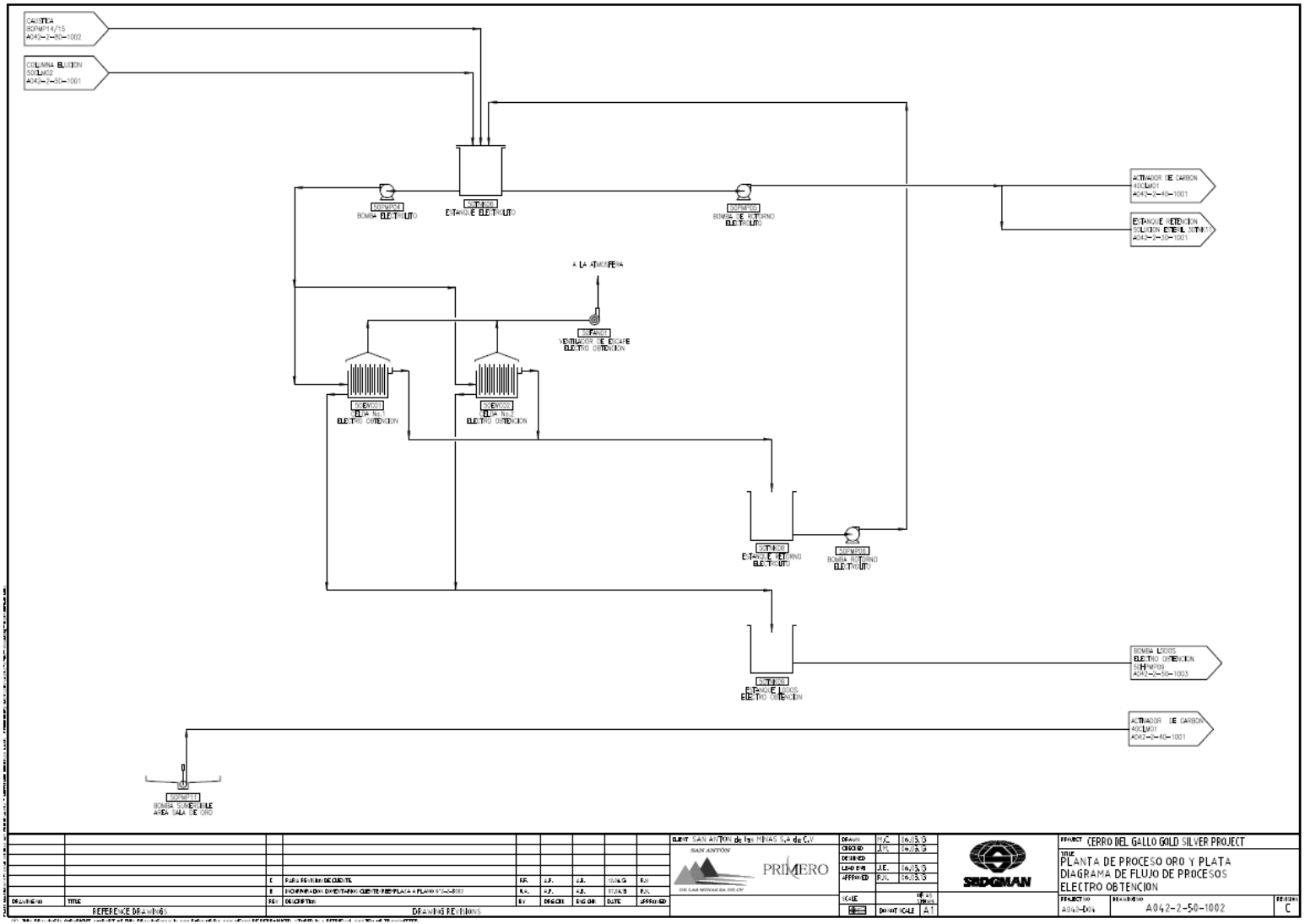


Figura II. 68. DTI proceso ADR



En el cuadro siguiente se presentan los criterios de diseño y parámetros de operación de la planta diseñada para **Adsorción, Desadsorción y Recuperación**.

Tabla II. 46. Criterios de diseño y parámetros de operación para la planta ADR

Criterios de diseño	Parámetro
• Adsorción:	
Flujo nominal de alimentación	1250 m³/h
Tren de adsorción	1 Tren de 5 columnas, con dimensiones de 4.00 x 5.18 (m de diámetro por altura), con una altura dentro de la columna de carbón de cáscara de coco de 1 m como mínimo, carbón con tamaño de arranque 6 x 16 # y de reposición 6 x 12#, para un consumo de 70 kg/d, con avance entre columnas con bombas, para un avance de 5 t de carbón por día (mínimo 4.07 t por columna) y una transferencia 40~55 min entre columnas. Criba de ajuste de fino tipo fija al final del tren con malla de 65# y bombas verticales de reclamo en pisos. Válvulas de dardo y placas para alimentación-salida, así como criba de ajuste en la columna líder para el desaguado del carbón que se alimenta a la columna de lavado ácido y enjuague.
Densidad del carbón activado	1.37 t/m³
PV del carbón activado	0.45 t/m³
Concentración de carbón por columna	248 kg/m³
Eficiencia de cargado de valores en el carbón	95%
Au recuperado por día	5.92 kg/día
Ag recuperada por día	1.97 kg/día
Carga del carbón	7.89 kg doré/t de carbón
Au	1.542 kg/t de carbón (50 onz/t de carbón)
Ag	0.513 kg/t de carbón (16 onz/t de carbón)
Doré	2.056 kg/t de carbón (66 onz/t de carbón)
Tiempo de residencia carbón y contacto por columna	23 h (138 h/d)
• Columna de lavado ácido y enjuague:	
Columna para el lavado ácido y neutralización carbón	1 columna de acero inoxidable 316 de 1.4 x 9.0 (m de Ø por altura), con capacidad de 13.3 m³
1a etapa de lavado ácido	20 min con HCL al 3%, a temp. y presión ambiente
2a etapa de enjugue	2 h con agua industrial, a temp. y presión ambiente
Flujo de operación	26.7 m³/h
Tanque de HCL	30 m³, PE reticulado, pureza HCL 35%
• Desadsorción:	
Columna para elusión	1 columna de elusión con placa dúplex de acero inóx. 2205 de presión tipo Zaddra, con capacidad de 5 t de carbón cargado, para un flujo de solución eluyente de 26.7 m³/h
Temperatura de elusión	130 °C
Presión de elusión	55 psi
Semanas de operación	52 por año
Elusiones por semana	7 por semana (1 por día)
Tiempo de elusión por carga	8-10 h (diseño 6.2 h)
Concentración de NaOH	3%
Concentración de CN-	3%
Consumo de sosa cáustica	140 kg/extracción, 100 kg/d, 0.2 m³/extracción
Tanque cilíndrico de sosa cáustica	1 de ac. al c., de 1 m³ cerrado c/venteo
Tanque cilíndrico de solución eluyente	1 de ac. al c., de 18 m³ cerrado c/venteo, 95 °C de operación
Intercambiador de calor	un sistema de calentamiento con caldera y serpentines
Consumo de diésel	560 L/semana para la caldera
Tanque de solución eluyente	40 m³
Consumo anticrustante en la etapa elusión de ADR	10 kg/semana (50 g/m³)
Consumo nominal de HCL	1,000 L/extracción, 203 kg/d, 74 t/año
Etapa de remojo del carbón cargado	20 min
Etapa de transferencia de solución eluyente	flujo de 26.7 m³/h, 90 ºC, 51 psi
Tiempo de transferencia	20 min
Etapa de elusión con sol. eluyente	90 min, 120 ºC, 51 psi (3% de sosa y 3% de CN-)
Etapa de elusión con agua	60 min, 120 ºC, 51 psi

Criterios de diseño	Parámetro
Etapa de enfriamiento o temple	30 min, temp. ambiente, 51 psi
pH en la Neutralización	7~8
• Regeneración de carbón despojado:	
Transferencia de carbón despojado	30 minutos de la columna de elusión
Destino del carbón despojado	Criba de desaguada alimentación al horno de regeneración
Criba clasificación para alimentación al horno	Vibratoria, ac. inóx., 20#
Regeneración carbón por tratamiento térmico	Rotatorio horizontal con quemador de diésel 650~800 °C, con sistema soplador, quemador y tolva alimentadora
Carbón regenerado por carga de extracción	50%
Capacidad de tratamiento del horno	nominal 300 kg/h, diseño 500 kg/h
Tiempo de retención en el tratamiento térmico	20 min
Humedad de alimentación del carbón al horno	20%
Utilización y régimen de operación de regeneración	20 h/d, 140 h/semana
Carbón regenerado por batch	6 t/batch
Movimiento de carbón por día	6 t/d
Criba de carbón en la descarga	Tipo curva DSM con 1 mm de abertura (malla 18 US estándar)
Tanque de apagado o enfriamiento de carbón	Cilíndrico de a.c. con agitador
Consumo de diésel	350 L/semana
• Electrólisis:	
Tipo de celdas	Fibra de vidrio o Polipropileno (PP)
Número de celdas	2
Flujo de diseño	45.6 m³/h total, 22.8 m³/celda
Temperatura de operación	80~85 °C
Alimentación de Au y Ag en la solución de electrólisis	Au (169 g/m³), Ag (56 g/m³), Au (5.92 kg/d), Ag (1.97 kg/d)
Tipo de cátodos para electrodepósito de Au y Ag	Lana de acero sobre marcos y soportes, fundición directa
Rectificadores	Tipo SCR (Thyristor) para un voltaje de operación de 0 a 6
	volts de corriente directa (VDC)
Bomba de reclamo y reciclo solución de celdas	Vertical, centrífuga para un flujo nominal de 10 m³/h
Extractor para captación emisiones de catálisis	con ductería a Scrubber
Lavado cátodos	a presión con agua
Filtrado de cátodos	filtro prensa de placas
Secador de cátodos	horno secador eléctrico
• Fundición:	
Horno de fundición	crisol de carburo de silicio basculante con quemador de diésel
Capacidad del horno	600 kg
Temperatura de operación	1,090 ºC
Consumo de diésel	200 L/semana
Producción de doré por ciclo de electrólisis	11 kg/ciclo
Fundiciones por mes	4 (1 por semana)
Fundente escorificador	Bórax, Sílice y Carbonato de Sodio, (0.1~0.2 kg fund./onz doré)
Recuperación de escorias	35%
Masa del lingote	160 kg
Aleación doré	>95% de Au-Ag y metales traza

b) Regeneración de carbón

Para que los iones complejos de cianuro de Au y Ag disueltos se puedan adsorber y transferir de la solución rica a los microporos de las partículas de carbón activado, es indispensable que la superficie específica de mantenga en un valor del orden de 1,000 m^2/g, siendo esta característica lo que lo hace particularmente útil para muchas industrias incluyendo la minería.

El carbón tiene esencialmente una estructura grafítica muy ordenada en sus cristales internos, con dos estructuras que consisten básicamente en pequeñas regiones de

microcristales en compuestos con firmes capas paralelas de átomos hexagonalmente ordenados, o bien con retículas desordenadas de hexágonos de carbón que son más pronunciados en cristales que se producen a partir de carbones en un ambiente rico en oxígeno. Las dimensiones de los cristales elementales que conforman el carbón varían de 9~12 angstroms ($1x10^{-10}$ m) de tamaño hasta 20~23 angstroms, clasificándose el tamaño de los poros en macroporos, poros de transición y microporos.

Las principales propiedades en el caso de la extracción de Au disuelto en soluciones cianuradas son las siguientes:

- Capacidad de absorción
- Tasa eficiente de adsorción
- Resistencia mecánica y al esfuerzo cortante
- Características de reactivación y por tanto de reutilización
- Distribución normal de partículas
- Costo, disponibilidad y provisión relativamente sencillas

El mecanismo de adsorción es complejo y se lleva a cabo mediante un gran número de etapas que involucran la extracción de los iones complejos de **$Au(CN)^-_2$** y **$Ag(CN)^-_2$** presentes en la solución rica, adsorbiéndose tanto como iones o como especies moleculares (es decir como AuCN y AgCN), a la vez que se ven reducidos como valores metálicos o en asociación con catones metálicos tales como el Ca^{2+}, siendo un proceso reversible con una cinética generalmente rápida para la etapa de desadsorción bajo condiciones ligeramente modificadas.

De investigaciones detalladas utilizando espectroscopía fotoelectrónica de rayos X y modelos de extracción de soluciones altamente iónicas, se ha demostrado que los complejos de cianuro de Au se adsorben predominantemente como un par iónico, con evidencias adicionales que se han agregado por estudios de química superficial y otros análisis, de los cuales se ha establecido que el estado de oxidación del Au dentro del

carbón es +1, siendo la ecuación básica que ilustra el mecanismo de adsorción la siguiente:

$$M^{n+1} + nAu(CN)^{-}_{2} \rightarrow M^{n+}[Au(CN)^{-}_{2}]_{n}$$

Si bien el carbón es muy resistente en los procesos tipo **CIC** (Carbón en Columna) como el caso del Cerro del Gallo, **las partículas se ven sometidas a una continua abrasión y esfuerzos cortantes, debido a las etapas de bombeo, cribado, agitación, transporte y mezcla**; por lo que debe ser sometido a tratamientos de regeneración que coadyuven en eliminar las incrustaciones que inciden en la disponibilidad de área superficial que se requiere para los valores preciosos de la solución rica procedente de la etapa de lixiviación, e incrementar a su vez la superficie específica de las partículas de carbón.

Por ello en el proceso en cuestión se empleará **una combinación de etapas de regeneración química y térmica**, realizándose la primera con la masa de carbón cargado que se obtiene de la criba de ajuste de la columna líder del tren de adsorción antes de la etapa de elusión, donde por medio de una disolución de **HCl al 3%** en peso seguido de una etapa de enjuague con agua industrial, se llevará a cabo el primer tratamiento. Posteriormente de la etapa de elusión subsecuente **el carbón ya despojado se enviará a otra etapa de cribado previo a la regeneración térmica en un horno rotatorio, donde a una temperatura del orden de 700 ºC** se lleva a cabo la segunda etapa de tratamiento del carbón, restituyendo de esta manera las propiedades de actividad del carbón, añadiéndose cargas nuevas para mantener el balance del carbón dentro del proceso.

El diagrama que indica las líneas de flujo y etapas de regeneración se encuentran en la parte derecha del mismo plano 2 de 3 del diagrama de flujo del proceso **ADR** que se incluyó anterior a este inciso, ver anexo 09-03.

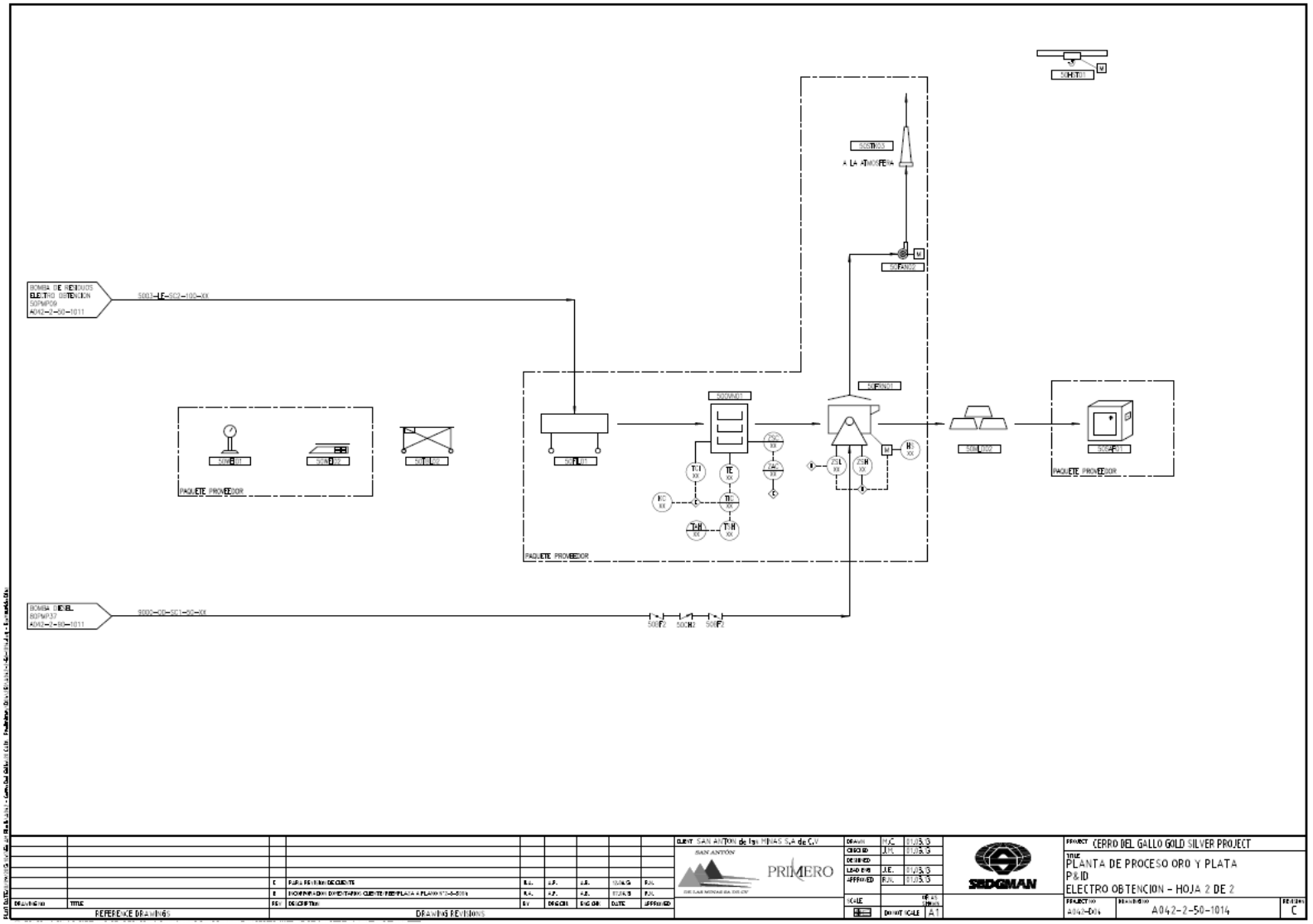
c) Área de fundición

En la refinería se llevará a cabo la fundición y refinación del precipitado electrolítico que contiene los valores de Au, Ag y trazas de otros metales que se presentan de manera natural en el yacimiento.

Para llevar a cabo la eliminación de impurezas que contiene el precipitado una vez desprendido este producto de los cátodos de las celdas electrolíticas por etapas lavado, filtración y secado; se alimentará a un horno del tipo basculante junto con una mezcla reductora de fundentes para disminuir el punto de fusión y poder escorificar las impurezas contenidas en el precipitado, llagando hasta la obtención de barras de doré con purezas mayores al 95%.

El diagrama de flujo de esta etapa se muestra en la figura siguiente, ver anexo 09-03.

Figura II. 69. Diagrama de flujo de las etapas de fundición y refinación



2.2.6.2. Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento se enfocan **a la implementación de rutinas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo**, contándose durante el transcurso de las operaciones con bitácoras en equipos de cómputo donde se vaciarán todos los elementos de la maquinaria pesada y camiones de acarreo de la explotación minera, el equipamiento de las plantas de trituración y los circuitos **SART**, **ADR** y **Refinería del proceso**, así como los equipos y enseres utilizados en las áreas de servicios (laboratorios, talleres, almacén general, equipo de seguridad del personal, pozos de provisión de agua, plantas de generación de energía, líneas de transmisión eléctrica, polvorines, tanques de diésel, gases de los equipos del laboratorio, etc.).

La información que se irá controlando en el tiempo, **será relativa a los programas de mantenimiento preventivo y correctivo**, correlacionando los costos de mantenimiento para cada uno de los centros de costo de las áreas operativas teniendo como base al inventario de equipos fijos y móviles, como los edificios y naves industriales que se van a tener y operar en la futura **Unidad Minera**.

Los inventarios de refacciones y pedidos especiales de orden mayor como el caso de la reposición de equipos o componentes estratégicos que pueda causar algún impacto en la disponibilidad de los equipos y plantas de proceso, se tendrán muy en cuenta en el mantenimiento preventivo y predictivo, con objeto de que no se vaya a generar un detenimiento no programado de las operaciones o en riesgos asociados a la seguridad del personal.

En los apartados siguientes se describen los conceptos de interés que se enfocan al mantenimiento de las obras vinculadas con el **Proyecto de Cerro del Gallo**.

a) Explotación a cielo abierto, tepetatera y caminos de acarreo

Para el caso de estas obras que se vinculan con las operaciones de **explotación minera** se presentarán una **serie de actividades de mantenimiento en campo**, las cuales

serán relativas al cuidado rutinario **del estado que guardan las obras mineras con respecto a los criterios constructivos de diseño** como la atención de diversas obras mineras que se encuentran en las áreas del tajo, la tepetatera y en los caminos de acarreo; incluyendo la atención de los servicios de apoyo que son indispensables para la explotación de reservas y acarreo tanto de mineral como de tepetate, llevándose a cabo en el transcurso de las operaciones alguno o varios de los conceptos que se listan enseguida:

- Conservación de los terraplenes de las rampas y caminos de acarreo
- Mantenimiento de las bermas perimetrales en el perímetro externo de los caminos de acarreo, para aquello tramos donde se requiere de este tipo de diques de protección y seguridad
- Limpieza y conservación de zonas donde se cuente con contracunetas internas en áreas con taludes para captación y desalojo de agua pluvial de los caminos de acarreo
- Conservación de las bermas interbancos en las obras del tajo como en la tepetatera
- Mantenimiento de rampas de acceso y banquetas en el tajo y la tepetatera
- Conservación de los señalamientos alusivos a la seguridad y velocidades de trayecto en los caminos de acarreo
- Mantenimiento de la plantilla de vaciado de la tepetatera
- Mantenimiento de los taludes en las plazas de tumbe que se vayan creando al interior del tajo
- Mantenimiento de avisos, puertas y tambos de arena y agua para las medidas anti-incendio en las áreas de polvorines y artificios
- Medidas de riego con agua en terraplenes de caminos de acarreo con colocación de gravilla y/o tepetate en zonas de cunetas
- Limpieza en los pateos del talud de la tepetatera y en su área de maniobras vinculada
- Conservación y mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en equipo de carga y acarreo, así como maquinaria pesada utilizada en las operaciones del tajo

y en el mantenimiento de terraplenes y caminos de acarreo (bulldozer, motoconformadora, pipas, cargadores frontales, etc.)

- Conservación y mantenimiento del área de maniobras del tajo
- Provisión y mantenimiento de señalamientos en equipos y vehículos de supervisión y servicios que operarán en los caminos de acarreo en el área del tajo, la tepetatera y las presas de control ambiental (banderolas de pértiga, luces frontales y cuartos, torretas de burbuja, señalamientos de emergencia, etc.)
- Conservación de casetas y puestos de control y vigilancia

Las actividades anteriores se desarrollarán con la supervisión de personal de confianza, quienes verificarán el cumplimiento de los programas desarrollados y las especificaciones de diseño que se deberán seguir en cada obra **para que los factores de seguridad se mantengan bajo estándares permisibles**, incluyendo el desempeño de los contratistas de apoyo que participen en las operaciones y proporcionen servicios de mantenimiento a sus propios recursos o a las obras e instalaciones mineras de apoyo.

Todos los equipos que operen en el tajo y obras asociadas que se acotaron en las etapas de preparación y operación, **se someterán a rutinas de mantenimientos preventivos programados que se llevarán a cabo en los talleres de la mina**, con el objetivo de procurar los mayores porcentajes de disponibilidad para todos y cada uno de los equipos de carga, acarreo, perforación, compresores portátiles, supervisión y servicios que participarán en las operaciones de explotación minera, tales como los camiones orquesta para la provisión de combustibles y agua por medio de pipas para los equipos pesados y para las actividades de riego.

Los casos programados serán atendidos por personal del área de mantenimiento, además del apoyo que los proveedores otorguen de manera directa, con atención en campo de los casos necesarios y extraordinarios que requieran de mantenimientos no programados.

De acuerdo con la frecuencia marcada por hodómetros instalados en los equipos más las observaciones que provengan de los operadores, **el mantenimiento preventivo se programará en tiempo y forma para atacar las necesidades rutinarias que demanden los equipos de perforación, carga y camiones de acarreo**; enfocándose este tipo de mantenimiento a procurar las condiciones óptimas tanto mecánicas como de seguridad que deben preverse y sostenerse en este tipo de equipos.

Las condiciones de los equipos y camiones de acarreo se analizarán en las visitas que realicen a las instalaciones del taller de mantenimiento tanto en las visitas rutinarias como en eventos de paro programado, observando todo tipo de detalles que se aprecien sobre su desempeño y funcionamiento, realizándose mantenimientos predictivos para vislumbrar posibles fallas que deban ser atendidas antes de que ocurran fallas que inutilicen de manera temporal a los equipos.

Cuando una falla se presente de manera inesperada ya sea por daños contingentes o mecánicos, **y no se haya contemplado dentro de los recambios o las labores del mantenimiento preventivo ni haya sido identificado en las inspecciones predictivas**, se someterán los equipos, **a actividades de reparación inmediata para mantener la flota mínima disponible que se demande en las actividades de operación**, llevándose a cabo este tipo de rutinas en el escenario del mantenimiento correctivo, el cual se enfocará a las actividades no programadas que inciden sobre los costos y disponibilidad de los equipos sujetos a mantenimiento.

Las actividades anteriores se llevarán a cabo con mano de obra e inventarios de refacciones disponibles en el almacén del taller, así como con contratistas de apoyo que apliquen sus propios mantenimientos a sus equipos e instalaciones, siguiendo la misma tónica de controles y procedimientos bajo los que operará la **Unidad Minera**, incluyendo el manejo de combustibles y la disposición de residuos de autopartes o del tipo peligrosos que se generen en las actividades de mantenimiento.

Todos los equipos que participen en las obras y actividades de los tajos como en las obras asociadas que se acotaron en las etapas de preparación y operación, se someterán a los mantenimientos preventivos programados que se llevarán a cabo de manera rutinaria en los talleres de equipo pesado de la mina. Los casos programados serán atendidos por personal del área de mantenimiento, además del apoyo de proveedores que participan de manera activa para equipos y refacciones de mayor demanda relacionados con sus marcas comerciales.

b) Planta de trituración

En esta área **las rutinas y actividades de mantenimiento se regirán por los mismos criterios de los sistemas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo** ya señalados para el caso de las operaciones de explotación minera, basándose la programación en los reportes y avisos generados por el parte del personal de mantenimiento como de los trabajadores y supervisores que se encuentren en operación durante los tres turnos operativos de cada día, siendo apoyados por el personal de seguridad y medio ambiente durante sus recorridos para detectar cualquier falla que deba ser atendida a través de los radios de comunicación portátil de la red interna de la **Unidad Minera**.

Todo el personal que detecte una anomalía podrá dar aviso mediante radios portátiles en el caso de requerirse acciones inmediatas ante una falla o paro imprevisto de algún equipo o instalación eléctrica, de instrumentación, elemento mecánico, civil o estructural en las instalaciones de la planta y servicios asociados; que pueda poner en riesgo ya sea a la continuidad de la operación como al personal que labore en las diversas áreas. Las actividades que se llevarán a cabo en esta etapa **se agrupan en los siguientes tipos de mantenimiento**:

b.1) Mantenimiento de terraplenes y plantillas, estructuras de acero y servicios

- Mantenimiento del terraplén de las instalaciones que componen el circuito de la planta de trituración y aglomeración

- Conservación y mantenimiento de corredores de terracerías para comunicación y acceso (acarreo de mineral, caminos de enlace con las demás áreas)
- Mantenimiento de las estructuras y vigas de soporte de las plataformas que contienen las tolvas, chutes, equipos y pasillos de la planta de trituración
- Mantenimiento de cimentaciones y estructuras de sismas de bandas transportadoras fijas como módulos móviles y distribuidores radiales utilizados en los apilamientos intermedio de la planta de trituración o en los apilamientos terminales son Stackers que se lleven a cabo en las Celdas de la plataforma del Patio de Lixiviación (incluye estructuras, ruedas, transmisiones, poleas, rodillos y bandas transportadoras de cada elemento)
- Conservación y mantenimiento de plantillas de la subestación, CCM, luminarias y la LTE para el suministro eléctrico
- Conservación de casetas y puestos de control y vigilancia

b.2) Mantenimiento de equipos

- Mantenimiento preventivo, correctivo y/o predictivo de las plataformas y equipos de trituración, entre los que destacan la quebradora primaria (de quijada), secundaria (de cono) y terciaria (molino HGPR), alimentador de placas, Grizzly y cribas vibratorias del tren de trituración.
- Mantenimiento de los módulos de chapulines de las bandas transportadoras (incluyendo las bandas, los rodillos de carga y retorno, cepillos, faldones y raspadores de limpieza, reductores y acoplamientos de transmisión, contrapesos y tensores, placas anti-impacto, tensores, etc.), electroimán para detección de metales, muestreadores y piezómetros.
- Mantenimiento de sistemas de control y limpieza de polvos de las bandas transportadoras fijas (cepillos, cubiertas, faldones, raspadores).
- Conservación de áreas y señalamientos en botoneras, arrancadores y gabinetes de energización de los equipos móviles.
- Limpieza de alimentadores, chutes, pisos y andamios de las bandas transportadoras fijas.

- Conservación de guardas o rejillas de motores y sistemas de transmisión de los equipos.
- Mantenimiento de sistemas de lubricación en bandas, cribas, quebradoras, molino HGPR y tambor aglomerador.
- Mantenimiento de grúas y plataformas viajeras del área.
- Mantenimiento de chutes de silos de cemento y cal del área de aglomeración.
- Retiro, acopio, orden y limpieza de partes y componentes de desecho generados como desgaste de los equipos (desechos de bandas transportadoras y de transmisión de potencia, mallas de cribas, quijadas, toggles de seguridad, tazas y mantles de quebradora de cono, placas de desgaste, rodillos del molino HGPR y padecería de fierro atrapada por el electroimán, etc.).
- Limpieza, mantenimiento y acopio programático de residuos en las áreas de trituración, conservando o reponiendo los depósitos para disposición de residuos sólidos o del tipo peligrosos, en contendores rotulados acordes con el tipo de materiales por disponer (plásticos, metálicos reciclables, basura orgánica e inorgánica, cartón o papel, vidrio o del tipo peligrosos), siguiendo el caso de los peligrosos los procedimientos de acopio y disposición temporal en el almacén de la Unidad Minera, para su posterior remisión a disposición final con generación de los manifiestos de generación, transporte y disposición final correspondientes

b.3) Mantenimiento de señalamientos

- Colocación y conservación de señalamientos alusivos a riesgo y medidas de seguridad, uso de equipo de protección personal como también de medio ambiente
- Colocación y conservación de señalamientos alusivos a riesgos eléctricos en centros de carga o energía, arrancadores, así como en sitios de transformación
- Conservación de tambos contenedores de basura, de residuos peligrosos y sus señalamientos.
- Para el mantenimiento de las instalaciones de proceso y demás servicios de apoyo se seguirán directrices con base al tipo y frecuencia de las actividades de

mantenimiento que se programen para las diferentes obras e instalaciones de servicios, así como en la implementación de procedimientos específicos que se elaborarán para tal fin.

b.4) Mantenimiento en el patio de lixiviación

Para el caso de las etapas operativas del Patio de Lixiviación las actividades se agrupan en los tipos de mantenimiento que se condesan en los siguientes incisos.

b.5) Mantenimiento de camas de mineral

- Conservación de los taludes e interbermas de las camas sucesivas superpuestas de mineral en el caso de presentarse fisuras o modificaciones del talud particular fuera de los criterios de diseño.
- Mantenimiento de las bermas perimetrales de cerramiento de la 1ª y 2ª Etapa del Patio de Lixiviación.
- Mantenimiento de canales de desvío de aguas pluviales y de las presas de control ambiental, con limpieza de azolves y conservación de la sección hidráulica.
- Conservación del terraplén de los corredores de terracería para comunicación y enlace de las diversas áreas industriales, así como en taludes de remate.
- Mantenimiento de rampas de acceso interbancos en las camas de las Celdas de mineral.
- Mantenimiento de estaciones de pozos de monitoreo vinculados con las etapas del Patio.
- Mantenimiento y conservación de la franja de exclusión entre el pie del talud y la berma perimetral.
- Mantenimiento de sistemas de iluminación portátiles en Celdas de trabajo.
- Conservación de casetas y puestos de control y vigilancia.

b.6) Mantenimiento en piletas de solución

- Mantenimiento de bermas, trincheras y caminos perimetrales.
- Conservación de cercados, terraplenes de comunicación y accesos.

- Mantenimiento de dispositivos detectores de fugas.
- Supervisión y verificación de la hermeticidad y sello de las juntas y uniones de las geomembranas.
- Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los equipos de bombeo, sistemas de sello de las bombas, interruptores y botoneras de control de estos equipos.
- Mantenimiento de pozos de monitoreo.
- Conservación de señalamientos alusivos a la seguridad en las áreas de las piletas.
- Conservación de pelotas plásticas flotantes para ahuyentar especies de aves.
- Conservación de casetas y puestos de control y vigilancia.
- Mantenimiento de planta de emergencia para bombeo de piletas, dique y tanque de diésel.
- Los cercados de malla ciclónica junto con los avisos y señalamientos se mantendrán y revisarán de manera periódica, ejecutando las órdenes de trabajo que se requieran tanto a nivel interno como externo con proveedores para mantener en buenas condiciones las distintas áreas e infraestructura de servicios.

b.7) Mantenimiento en canales de tuberías y derivación de agua pluvial

- Limpieza de azolves
- Mantenimiento de canales perimetrales de las etapas del Patio, conservación de la sección hidráulica y del recubrimiento séase plástico en el canal de solución de tuberías y canales del sistema LCRS, o bien de revestimiento a base de piedras y rocas graduadas (Riprap contra la erosión en canales de derivación de aguas pluviales)

b.8) Mantenimiento de bombas, tuberías y accesorios hidráulicos

- Reposición de líneas de tuberías y mangueras en la red y ramales de riego.
- Revisión o reposición de aspersores y accesorios de las tuberías (válvulas, bridas).

- Mantenimiento de tuberías de solución preñada, gastada y de riego de solución lixiviante.

b.9) Mantenimiento de sistemas de apiladores

- Mantenimiento de estructuras, transmisiones de potencia y reductores como en los sistemas de rodamiento.
- Mantenimiento de la banda transportadora.
- Mantenimiento de la consola de mando y gabinete de fuerza.
- Mantenimiento de poleas, rodillos, sistemas de limpieza y lubricación.
- Mantenimiento de módulos móviles de bandas transportadoras (Chapulines) para transferencia de mineral a las Celdas del Patio.
- Mantenimiento programado de Stackers.

b.10) Mantenimiento de equipos y sistemas de la planta de trituración

- Mantenimiento de quebradoras y sistemas de bandas transportadoras.
- Mantenimiento de cribas vibratorias.
- Conservación y mantenimiento de la plataforma de soporte de la planta.
- Mantenimiento de electroimanes para trampa de pedacería de acero, pesómetros, muestreadores, contrapesos, poleas de cabeza y cola, rodillos y sistemas de paro de emergencia de las bandas transportadoras.
- Mantenimiento de CCM, transformadores, aisladores y bancos de baterías en subestaciones, racks y charolas de cableado, así como líneas de distribución eléctrica y luminarias de las áreas.
- Mantenimiento de oficinas y áreas de servicios del personal.

b.11) Mantenimiento de equipos e instalaciones del proceso SART

En esta planta localizada en la misma nave industrial de la planta de proceso, **se realizarán actividades y rutinas periódicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo** para las etapas y equipos de las etapas de **Acidificación, Sulfidización, Espesamiento y Reciclo**; incluyendo reactores de acidificación y

neutralización, espesadores, filtros, bandas transportadoras de precipitados de sulfuros y de yeso, Scrubber, tanques de preparación de reactivos, sistemas de tuberías, sumideros de reclamo, bombas de transferencia y reciclo, **CCM**, cuartos de supervisión, sistemas de luminarias, columnas estructurales, escaleras, pasamanos, parrillas de pisos, cimentaciones, lozas de pisos, dique perimetral, estructuras de soporte de reactores, espesadores, filtros, techos de la nave industrial y áreas de servicios del personal.

En el mantenimiento se incluyen los sistemas de bombeo (en línea y declamo de pisos), equipos, silos, **tanques de preparación y almacenamiento de soluciones de H_2SO_4, NaHS y Cal Hidratada, así como CCM, botoneras y señalamientos**.

Los controles históricos y seguimiento de las operaciones y rutinas de mantenimiento se ejecutarán por medio de bitácoras de operación y mantenimiento en sistemas de cómputo, con reportes mensuales por área para el control consecutivo de todas aquellas actividades desarrolladas en el área de mantenimiento vinculada con este circuito del proceso

b.12) Mantenimiento de equipos, instalaciones e instrumentación del proceso ADR

En esta planta también se implementarán actividades y **rutinas periódicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para las etapas y equipos de Adsorción, Desadsorción, Regeneración del carbón, Electrólisis y Fundición**; desde el almacén de cianuro, tanques de preparación y almacenamiento de reactivos, sistema intercambiador de calor, tren de columnas de adsorción, columnas de lavado ácido y elusión, cribas, horno de regeneración, filtro del carbón desgastado, tanques de servicio, tuberías, estructuras, lozas, diques de pisos, sumideros, bombas de reclamo y de reciclo, luminarias, columnas estructurales, escaleras, parrillas de pisos y techo de la nave industrial de esta etapa del proceso de beneficio, así como grúa hidráulicas de levante y mantenimiento que operan en la etapa de carbón y en la planta, sistemas de

iluminación y señalización junto con los interruptores, arrancadores y botoneras que están distribuidos en lugares estratégicos por toda la planta.

Las actividades de mantenimiento abarcan **los sistemas de bombeo (en línea y declamo de pisos), tanque de solución gastada, tanques de preparación y almacenamiento de soluciones de cianuro, HCl, anticrustante y sosa, interruptores, botoneras, señalamientos y sistemas detectores automáticos de emisiones de cianuro**.

Las áreas de apoyo como seguridad, ecología, departamentos eléctrico e instrumentación procesarán controles propios y reportes para fortalecer el seguimiento del sistema de mantenimiento, lanzando reportes mensuales cada superintendencia de área sobre las actividades desarrolladas, incluyendo reportes de producción o hallazgos y medidas para manejo, control y disposición de residuos peligrosos, o bien ante fenómenos de limpieza o medidas contra posibles derrames o áreas donde se hayan aplicado medidas de neutralización.

También se incluyen las actividades de mantenimiento de tuberías, dique y tanque de almacenamiento de diésel, sistemas de transformadores, charolas, acometidas, rectificadores, caldera de elusión, intercambiadores de calor y el tanque de reciclo de solución gastada.

b.13) Mantenimiento de equipos e instalaciones de la Refinería

En esta área de la planta de proceso se llevarán a cabo actividades y rutinas periódicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para las etapas y equipos de las celdas electrolíticas, lavado, secado y filtrado del precipitado, horno de fundición, sistema de captación de emisiones de electrólisis y fundición, Scrubber para lavado de emisiones, equipos de trituración y concentración para recuperación y reciclo de escorias, CCM, rectificadores, ductería y sistemas extractores, bóveda de doré, oficinas, servicios sanitarios y cuartos de cambio del personal , estructuras, lozas, diques de pisos,

sumideros, bombas de reclamo y de reciclo, luminarias, columnas estructurales, escaleras, parrillas de pisos y techo de la nave industrial de esta etapa del proceso.

b.14) Mantenimiento eléctrico (SART, ADR y Refinería)

En todas estas áreas y equipos se establecerán rutinas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, **basándose en protocolos de actuación que comprenderán las directrices de las cuales se desprenderán los procedimientos operativos y seguros del trabajo, enfocando aquellas actividades y medidas que sean necesarias para el cuidado del medio ambiente del entorno del terraplén que ocupa la planta de proceso**.

Se incluye el mantenimiento de áreas servicios como el área de preparación de muestras y laboratorios (químico y metalúrgico), oficinas, talleres, cercados perimetrales, señalamientos y avisos alusivos a la velocidad de tránsito en caminos industriales, seguridad y medio ambiente en el entorno de la planta de proceso.

Los procedimientos serán actualizados y mantenidos hasta la etapa de abandono para fines de generar medidas de actuación y procedimientos técnicos complementarios acordes con las nuevas tecnologías que apliquen en un momento determinado.

2.2.7. Requerimientos de insumos, energía y sustancias para la operación

a) Suministro del agua

El proyecto en la operación y mantenimiento de todos estos conceptos vinculados **con la explotación y beneficio de minerales de oro y plata requieren del suministro de agua**, dando como resultado que el consumo estimado de agua que se agrega a la operación del Sistema de Lixiviación para las distintas etapas del proyecto y bajo las consideraciones de cálculo consideradas por concepto de la cantidad de personal, equipos y periodo de realización que participarán en cada etapa, resulta en un consumo de agua cuya estimación es la siguiente:

Tabla II. 47. Consumo estimado de agua

Actividad	Consumo m^3/h	Consumo m^3/d	Consumo $m^3/año$
Barreno previo a la voladura	0.83	20.00	7,300.00
Regado de caminos de acarreo y áreas de operación	9.63	231.00	84,315.00
Control de polvos en áreas de quebrado y depósito de mineral	7.20	172.80	63,072.00
Agua de reposición en el sistema de lixiviación	62.30	1,495.20	545,748.00
Agua de reposición en la Planta de Recuperación (preparación)	2.60	62.40	22,776.00
Agua para servicios sanitarios	4.17	100.08	36,529.20
Agua para vivero y áreas de restauración	0.50	12.00	4,380.00

En el sitio del proyecto actualmente no existe la infraestructura necesaria para obtener y canalizar el agua necesaria, sobre todo en la etapa de operación.

Por ello a fin de asegurar el suministro del agua para el proyecto, **la promovente construirá 7 pozos e instalará las estaciones de bombeo necesarias para hacer llegar el recurso a un tanque principal que se localizará en el área industrial dentro del polígono del predio**. Tanto la construcción, instalación, operación y el mantenimiento de los sistemas de abastecimiento se realizarán por la promovente.

En cuanto a las concesiones que se requiere para el aprovechamiento y uso del agua subterránea en el acuífero "**Cuenca Alta del Rio La Laja**", la promovente **a la fecha de la preparación de la MIA-P que nos ocupa**, ya ha adquirido **1.4 Mm^3**, provenientes de concesiones adquiridos de agua subterránea que se presentan en el siguiente cuadro y se presentan en copia simple en **Anexo** del presente Capítulo

Tabla II. 48. Títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas subterráneas

Título	m^3 Que Ampara	Consecionario
08GUA154831/12FMDL14	130,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA154832/12FMDL14	130,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA154833/12FMDL14	140,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA123064/12FMDL16	300,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155423/12FMDL16	200,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA110394/12FMDL16	140,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155418/12FMDL16	250,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155432/12FMDL16	150,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
Total	**1,440,000.00**	

Como se comentó en total, cuando el proyecto logre el nivel de aprovechamiento óptimo de su capacidad instalada, **requerirá de la integración de agua en volúmenes de 87.23 m^3/h, equivalentes a 2,093.48 m^3/d y a 764,120.20 m^3/año**, por lo cual se considera que el agua bajo concesión es suficiente para operar el proyecto.

b) Energía eléctrica

En las etapas de preparación del sitio y construcción, la energía eléctrica necesaria para oficinas, equipos de soldadura, talleres, etc., se adquirirá (en parte) **de las Líneas de Distribución que actualmente provén el servicio a las poblaciones** y el resto, se generará mediante equipos de combustión interna que utilizan diésel como combustible.

Para la operación, **se cuenta con el proyecto ejecutivo y en trámites avanzados ante la Comisión Federal de Electricidad**, para verificar la capacidad de suministro de la red, para de ser positivo, construir una una línea de trasmisión eléctrica (**LTE**) de **115 kV**, que inicien en la subestación propiedad de la **Comisión Federal de Electricidad**, ubicada en la población conocida como **Don Sebastián**, en la periferia Este de la ciudad **Dolores Hidalgo C.I.N.**, que transitará sobre el derecho de vía de la carretera que conecta a la vía pavimentada número 110, seguirá sobre ésta (igualmente sobre el derecho de vía), hasta el entronque del camino que comunica a San Antón de las Minas con la citada rúa; en dicho camino igualmente utilizará el derecho de vía. La **LTE**, contará con una longitud de **26.72 km** sustentada por **244** estructuras (**241 postes** metálicos y **3 torres** metálicas autosoportadas tipo 115 kV), instrumentadas con **26,720 m de cable** ACSR/AS calibre 477 por 3 fases primarias y **26,720 m** de cable de acero de **$^5/_{16}$** por 1 hilo de guarda. De acuerdo con los lineamientos que establezca para el fin la **CFE**, la construcción estaría a cargo de la promovente y una vez puesta en marcha, se entregaría para su administración y mantenimiento a **la Comisión Federal de Electricidad**. De no ser posible la opción, entonces durante la etapa de operación, **se generaría la energía a través de equipos especializados**.

c) Suministro de combustibles y lubricantes

En el área del proyecto **se construirá una estación para el despacho de combustibles** y lubricantes, ubicada en el área industrial. El transporte de los combustibles se realizará en tanques especializados de PEMEX del centro de distribución localizado en la Ciudad de León, Guanajuato. Por lo anterior, las instalaciones para el suministro de lubricantes y combustibles se construirán, operarán y se mantendrán por la promovente, mientras que el responsable del transporte será **Petróleos Mexicanos** o un transportista certificado por ellos.

d) Requerimientos de sustancias peligrosas y no peligrosas

Los insumos principales que serán utilizados considerando la proyección sobre una capacidad de alimentación diaria promedio al proceso de **16,440 tpd**, como cuota de capacidad nominal, se condensan en el siguiente.

Tabla II. 49. Insumos para utilizar en las operaciones

Sustancia	Uso	Número CAS	Consumo anual	Unidades	Estado físico	Empaque de manejo
Cianuro de sodio	En el proceso de lixiviación como soluto disolvente de oro y plata	143-33-9	2,153.5	t	Sólido	Supersacos de 1 t con bolsas en el interior, protegidos con contenedores de madera, también en isocontenedores de 20 ton de capacidad
Cal hidratada	En lixiviación como álcali protector y en circuito SART como neutralizante	1305-78-8	1,9047.0	t	Sólido	A granel al 90% de pureza en camiones tolva
Cemento Portland	En la etapa de lixiviación como aglomerador	1305-78-8	27,000.0	t	Sólido	A granel al 90% de pureza en camiones tolva
Ácido sulfúrico	En la etapa de acidificación proceso SART	7664-93-9	3,016.0	t	Líquido	Recibido en isocontenedores y almacenamiento en tanques de a.c.
Sulfhidrato de sodio hidratado	Como agente precipitante en la etapa de Sulfidización	240-778-0	441.0	t	Sólido	Hojuelas en costales de polipropileno de 25 kg al 60~70% de pureza
Carbón de cáscara de coco	Uso en la catálisis del proceso, agente reductor y precipitante de complejos de cianuro de Au y Ag.	7440-44-0	25.0	t	Sólido	En supersacos de 500 kg c/u
Anticrustante	Uso en lixiviación como anticrustante de tuberías	Patentado	11.0	t	Sólido	En tambores metálicos de 220 kg
Floculante sintético Magnafloc 342	Para la separación sólido-líquido en los espesadores del precipitado, circuito SART	No Disponible	6.15	t	Sólido	Costales de 25 kg de polipropileno emplayados con vitafilm
Ácido clorhídrico industrial (32%)	Limpiador desincrustante del carbón (lavado ácido) en la planta ADR	7647-01-0	63.8	m^3	Líquido	Recibido en isocontenedores y almacenado en tanque de PE
Sosa cáustica (50%.)	En la catálisis en la etapa de elusión para extracción de oro y plata, y álcali	1310-73-2	44	t	Líquido	De pipa a tanque de almacenamiento de acero inoxidable

Sustancia	Uso	Número CAS	Consumo anual	Unidades	Estado físico	Empaque de manejo
	protector del cianuro en lixiviación					
Bórax	Uso en fundición y laboratorio	12179-04-3	29.2	t	Sólido	Sacos de cartón reforzado de 50 kg c/u
Nitrato de sodio	Uso en fundición y laboratorio como agente precipitante	7647-14-5	39.4	t	Sólido	En sacos de PE de 50 kg
Arena sílica	Uso en fundición y laboratorio	14808-60-7	11.7	t	Sólido	Sacos de cartón reforzado de 25 kg c/u
Carbonato de sodio	Uso en fundición y laboratorio	7631-99-4	11.7	t	Sólido	Sacos de cartón reforzado de 25 kg c/u
Acetileno	En laboratorio para análisis por absorción atómica y actividades de soldadura	74-86-2	328.8	m^3	Gas	Acumuladores de 0.36 m^3 de a.c.
Litargirio rojo para ensaye	Uso en laboratorio como colector de oro y plata	1317-36-8	33.7	t	Sólido	Cubetas de 25 kg c/u
Acetato de plomo	Uso en laboratorio para análisis de muestras	10099-74-8	172.2	kg	Sólido	En frascos de 1 kg c/u
Plomo laminado	Para copelación en el ensaye de oro y plata	7439-92-1	90.0	kg	Sólido	Rollos de 1 kg y dispuestas en cajas de cartón por pieza
Nitrato de plata	Uso en laboratorio como agente titulante e indicador	7761-88-8	7.8	kg	Sólido	Frascos de 100 g c/u
Aceites	Para lubricación de equipos de operación y acarreo, maquinaria pesada y mantto. general	Mixturas	231,475.2	m^3	Líquido	Tambos a.c. de 200 L y cubetas plásticas de 50 L
Rodamina	Uso en laboratorio como agente indicador del cianuro libre	141-84-4	1.0	kg	Sólido	Frascos de vidrio
Oxígeno	Uso en laboratorio	7782-44-7	438.4	kg	Gas	Acumuladores de a.c.
Agua destilada grado reactivo Tipo II	Para uso en los análisis del laboratorio	N/A	3,836.0	L	Líquido	Contenedores plásticos y porrones de vidrio
Hipoclorito de Sodio (5.25~7.35%)	Para uso en limpieza y neutralización	7681-52-9	657.6	L	Líquido	Contenedores plásticos de 1 galón, 7 y 10 L
Anticongelante	Para vehículos, maquinaria y camiones	107-21-1	394.6	L	Líquido	Recipientes plásticos
Resina epóxica	Usos diversos de sellamiento	25068-38-6	1315.2	L	Líquido	Recipientes plásticos
Diésel	Operación equipos de acarreo, maquinaria pesada, hornos de regeneración y de fundición de doré	68334-30-5	2,376,140.0	L	Líquido	Tanques de almacenamiento de a. c.
Grasas	En lubricación de equipos, maquinaria y mantto. General. En horno fundición.	Mixturas	7.4	t	Sólido	Tambos metálicos de 200 L y cubetas plásticas de 19 L
Gasolina	Para vehículos automotrices y de supervisión	8006-61-9	459.8	m^3	Líquido	Tanques de los mismos vehículos de estaciones de PEMEX en Dolores Hidalgo
Gas L.P.	Laboratorio y Servicios	Mezcla: 74-98-6 (Propano), 106-97-8 (Butano), 75-08-01 (Odorizante Etil-mercaptano)	172.63	m^3	Gas	En tanques de a.c. de diferentes capacidades

2.2.8. Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

a) Antecedentes

Como se comentó con anterioridad las pretendidas operaciones del proyecto, **se vinculan con fondos de inversión de interés público derivado de su sociedad de origen canadiense**, por lo que debe cumplir con estándares internacionales entre los que se encuentran los siguientes:

1. **Regulaciones en materia de cierre de minas** derivadas de nuevas pautas de países avanzados que buscan asegurar que se disponga de financiamiento a nivel de factibilidad, para fines de un cierre razonable de sus instalaciones que tome en cuenta el medio ambiente, **bajo políticas de los proyectos sujetos a crédito que se vinculan con los mercados de capital regulados por la Corporación Financiera Internacional** (IFC) como organismo del **Banco Mundial** enfocado al otorgamiento de préstamos, capital accionario, financiamiento estructurado e instrumentos de gestión de riesgos, prestando servicios de asesoría para fortalecer el sector privado en los países en desarrollo asociados (entre ellos México), estableciendo este organismo un cumplimiento para con las políticas y términos consignados en las **Obligaciones por Retiro de Activos** o bien "**Asset Retirement Obligations**" (ARO, por sus siglas en inglés), de donde se deriva un Plan de Abandono ("Closure Plan"), citado como **Plan de Restauración y Cierre de Mina** o simplemente como **Plan** o **PRCM**.

2. La elaboración y presentación del **Instrumento Nacional Canadiense conocido como NI 43-101**, el cual trata de la divulgación sobre información técnico-científica relativa a la estimación de los recursos minerales y reservas minerales que se exploran **tanto en proyectos mineros nuevos susceptibles de adherirse a líneas de crédito y su participación en los mercados de capital o bien para auditorías de aquellas operaciones que están en curso para una determinada actividad industrial**, sobre la cual se requiere divulgar información relevante para los posibles inversionistas.

El **PRCM** es un instrumento específico para las obras y actividades a realizar en la etapa previa al cierre de una mina, durante el propio cierre y posterior al mismo, y para toda la infraestructura e instalaciones hasta el cese de operaciones y término de la vida útil y agotamiento de las reservas minerales de un yacimiento u operación en particular, **para fines de dejar al sitio en condiciones de aprovechamiento y restitución a las condiciones ambientales del entorno**.

De acuerdo con lo estipulado por el **Banco Mundial**, los planes de restauración de la mina (PRCM) deberán incorporar los siguientes puntos:

- Conservación, acopio y utilización de suelo fértil para la restauración,
- Los taludes con pendientes superiores deberán ser renivelados para minimizar la erosión y el caudal de las escorrentías,
- Se deberá plantar vegetación autóctona para prevenir la erosión y propiciar el desarrollo auto-sostenible de un ecosistema productivo en la zona restaurada,
- Un presupuesto y un plan de actividades de restauración pre y post abandono
- Durante el desarrollo de los planes de restauración y las estrategias de cierre, se deberá considerar:
- La estabilidad a largo plazo de embalses, laderas y materiales superficiales,
- Cuestiones de seguridad relacionadas con el tajo, pozos y riesgos radiológicos, de toxicidad o de hundimiento,
- Las características físicas, el estado de nutrientes y la toxicidad inherente de residuos o tepetate que puedan ayudar a la reforestación, y
- Los costos de la rehabilitación durante la operación y tras el desmantelamiento.

De lo anterior se puede inferir que el **PRCM**, tiene que ver con **un proyecto u operación determinada desde las etapas tempranas hasta la atapa de post-operación**, **seguimiento post-cierre, cierre y abandono**; realizando actualizaciones periódicas en los montos proyectados, **cuando se dispone de nuevos conocimientos sobre las características de los materiales residuales generados o cuando se realizan**

modificaciones relevantes de las etapas y procesos instalados, considerando las estimaciones financiero-contables para estimar el valor neto presente (**VPN**) de los costos de los pasivos implicados en las medidas de restauración, en el retiro de equipos e infraestructura, como del cierre de todas las instalaciones para dejar él o los terrenos en condiciones cercanas a las de origen y que sean susceptibles de un aprovechamiento.

El valor neto bajo las regulaciones del cierre de minas del **PRCM**, consiste en una cantidad financiera donde los pasivos pueden ser acordados en una transacción entre las partes que intervienen y no está basada en una transacción de precio o de liquidación forzosa, sino que es acordada por las partes. Cabe destacar también que el **PRCM** toma en cuenta **Directrices de Medio Ambiente, Salud y Seguridad para Minería** del **IFC**, además de elementos adicionales bajo principios y normas de procedimiento del **Código Internacional para el Manejo del Cianuro** cuando se trata de operaciones que involucran un proceso donde se utiliza cianuro.

El **Código Internacional para el Manejo del Cianuro**, consiste en una iniciativa voluntaria de los productores y transportistas de cianuro utilizado en la minería de oro, y propone actividades de desmantelamiento que "***protegerán a las comunidades y al medio ambiente mediante el desarrollo y la implementación de planes de desmantelamiento para instalaciones que trabajen con cianuro***". Los estándares de actuación que se abarcarán en el **Plan** deben incluir las Normas de Procedimiento 5.1 y 5.2 del Principio 5 del Código referente al desmantelamiento, mismas que indican lo siguiente:

- La planificación e implementación de procedimientos para el desmantelamiento efectivo de instalaciones que trabajen con cianuro para proteger la salud de los seres humanos, de la flora y fauna y del ganado.
- El establecimiento de un mecanismo que asegure la capacidad de dotar completamente de fondos a las actividades de desmantelamiento que se relacionen al cianuro.

Adicionalmente, el Departamento Medioambiental del Banco Mundial, en su Valoración Medioambiental de Proyectos Mineros (marzo 1998), establece que ***"las áreas o los recursos afectados por la minería deberán ser devueltos a una condición segura y productiva mediante rehabilitación, lo cual podrá o no implicar una vuelta al estado anterior a la actividad minera"***.

Los conceptos que se desarrollarían en el **PRCM** consisten en una serie de medidas de estabilización química que aplique para cada obra en particular donde se requiere de este tipo de actividades, siguiendo con el desmontaje y desmantelamiento de equipos, tanques, estructuras y techos de las naves industriales y de servicios, continuando con las demoliciones de lozas de pisos, diques, bases, cimentaciones y edificios; continuando posteriormente con medidas de estabilización física y ambiental para integra en los sitios afectados al entrono en la medida de los posible.

Para la ejecución del **Plan** se tomará en cuenta la provisión del flujo de efectivo que será necesario aplicar para la restauración y cierre de la mina, observando que este flujo de efectivo **no es subjetivo al determinarse bajo procedimientos de costeos normalizados previamente calculados que toman en cuenta el lugar de ubicación de la mina y los costos de todos los recursos que será necesario aplicar para las actividades de restauración y cierre**, tales como los equipos y camiones para el desmantelamiento de todos los equipos, tanques y componentes estructurales que será necesario retirar de las áreas industriales y de servicios (grúas, tractocamiones de remolque, de cama baja y de caja cerrada, etc.), además de los equipos del tipo civil que se utilizarán en las medidas de estabilización física (cargadores, tolvas, motoconformadoras, aplanadoras, rodillos de compactación, bulldozer, pipas, etc.), así como la necesidad de materiales de préstamo para rellenos, contorneos y nivelaciones, sustancias o materiales inertes para la neutralización de la pila de lixiviación o la tepetatera según aplique en el caso de que resulte necesario, o bien el pago por contratistas y consultores que se utilicen en alguna de las etapas de restauración y cierre.

El **Plan** asume que la responsabilidad del cierre y restauración de todas las instalaciones y la infraestructura deben recaer en la empresa, por lo que en la proyección de los costos de cierre se considera que se desmantelará y retirará toda la infraestructura que se encuentra presente en el predio minero del proyecto. Por lo menos dos años antes del cierre, durante el desarrollo del **Plan final de Restauración y Cierre de Mina**, la empresa llevará a cabo consultas y reuniones para determinar y acordar en conjunto con las autoridades municipales, si los habitantes pueden disponer de algún tipo de infraestructura o instalación que tenga un sentido de apoyo social.

En el caso de que se presente **un cierre prematuro o no planeado de la Unidad Minera**, se asume igualmente que todas las instalaciones serán demolidas, retiradas y los cimientos utilizados en las actividades de estabilización física que se demandarán en algunas de las obras mineras.

De lo anterior se desprende que la promovente **está obligada por sus políticas de sustentabilidad y de índole financieras donde participan inversiones de carácter público, al desarrollo e implementación de un Plan de Restauración y Cierre de Mina**, cuando el ciclo de los yacimientos llegue al término de su vida útil y las reservas minerales se hayan agotado; aplicándose recursos y desarrollándose actividades para dejar al sitio en condiciones ambientales y de restitución que sean compatibles con las características del lugar, conforme a las técnicas de restauración y costos de realización que sean viables y que existan en un momento determinado cuando se acerque la etapa de postoperación.

Para los efectos del **PRCM** y llegado el momento del cese de las operaciones, se presentaría un **Plan Preliminar a la Secretaría** para verificar el grado de cumplimiento con respecto a las disposiciones y normatividad vigente, sujetando todas las áreas operativas a actividades de desmantelamiento como medidas de estabilización química, física y ambiental según aplique en cada obra y caso en particular, con base a las técnicas vigentes como las directrices derivadas de las obligaciones de la empresa,

procediendo a realizar la demolición de toda la infraestructura civil de la **Unidad Minera**, incluyendo los servicios; recuperándose y trasladándose a un centro de control y almacenamiento previamente elegido (por ejemplo en la propia mina debido a su comunicación o en bien la ciudad de Dolores Hidalgo), como un punto estratégico donde toda la maquinaria, tuberías, equipo de proceso, componentes eléctricos, perfiles y estructuras de acero, mobiliario, estantería, mesas de trabajo e instrumentación de precisión, así como sustancias química del proceso o laboratorio remanentes y otros componentes metálicos que puedan reciclarse, puedan ser trasladados y reutilizados en otras operaciones o bien destinarse a su comercialización o venta a terceros interesados.

b) Objetivos para considerar en el Plan de Restauración y Cierre de Mina

En el **Plan** se llevarán a cabo medidas de estabilización química, física y ambiental para la restauración y cierre de las obras bajo programas a la medida que serán elaborados de manera previa a que se presente la etapa de cese de las operaciones y se acerque el término de la vida útil del yacimiento.

Las medidas de restauración y cierre que estarán contempladas en el PRCM se basan en las directrices que se condesan en los incisos siguientes.

b.1) Directrices para el cierre del tajo

- Conformación de taludes en forma de bancos escalonados para la estabilidad deseada en las paredes que fueron minadas.
- Creación de bermas a manera de diques que impidan el acceso a zonas de riesgo o donde la altura y taludes de los bancos sea pronunciada.
- Actividades de reforestación en superficies de nivelación tal que puedan permitir en condiciones de acceso y movilidad segura, la colocación de suelo y plantación de especies nativas.
- Bermas de seguridad y protección de material rocoso para evitar el tránsito de vehículos en el entorno del área del tajo.

- Revisión de la hidrología y cálculo de las condiciones hidráulicas para la conformación final del tajo previo al momento del cierre, para la toma de decisiones sobre la posible necesidad de proyectar y construir nuevas obras para el control y manejo del agua superficial y colocar en su caso material de relleno en los fondos para prevenir la formación de áreas con espejos de agua al interior de los tajos en el probable evento de que las características del agua fueran nocivas en el tiempo por causa de reacciones con las rocas residuales.
- Realización de pruebas de peligrosidad de la roca expuesta para la toma de decisiones respecto de la necesidad de cubiertas secas con material neutralizante inerte.
- Actualización y preparación de las actividades previas y posteriores al abandono, incluyendo el programa calendarizado y el presupuesto con las medidas y actividades de recuperación contempladas en el Plan.

b.2) Directrices para el cierre de la tepetatera

- Programar prácticas extensivas para mitigar los impactos que se presenten.
- Incluir los costos involucrados en el Plan.
- Continuar durante la etapa de post-operación, con la toma de incrementos para conformar compósitos representativos de muestras de tepetate y sujetarlos las pruebas de peligrosidad ante laboratorios certificados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), aplicando los métodos de prueba de la **NOM-157-SEMARNAT-2009**. En el residuo, se determinarán:
  - **a.** Las concentraciones totales (base seca) de los elementos incluidos en el Cuadro 2 de la Norma.
  - **b.** La movilidad de los metales y metaloides presentes en el residuo, conforme a la determinación de las concentraciones totales, con base en los métodos de prueba aplicables (de acuerdo con la granulometría).
  - **c.** El potencial de generación de drenaje ácido.
  - **d.** El pH de la disolución del residuo en agua (determinado mediante el procedimiento indicado en la NMX-AA-025-1984).

- Prever un diseño de cierre que permita acoplarse a las prácticas internacionales que se siguen en este tipo de obras.
- Adecuarse a las directrices de seguridad pública concernientes a riesgos ambientales posteriores a la etapa de postoperación, cierre, postcierre y abandono.
- Preservar la calidad del agua corriente abajo del sitio de la obra.
- Asegurar la estabilidad de la obra.
- Prever una integración del sitio de la tepetatera al entorno circundante.
- Regresar en la medida de lo posible el terreno afectado a las condiciones existentes que se tenían previo a la realización de la obra.
- De ser necesario se llevarían a cabo medidas de estabilización química y/o física si el tepetate reporta características de peligrosidad (potencial de generación de drenaje ácido y movilidad de metales y metaloides por agua meteórica)
- Contorneo de pendientes para evitar taludes mayores a 3H: V1 minimizando la posible erosión hídrica y eólica y la probable ocurrencia de escurrimientos descontrolados que puedan provocar deslaves de tepetate.
- Construir bermas de protección para evitar deslaves del material.
- Revegetación con especies nativas sobre los sitios donde se puede disponer suelo fértil (durante la etapa de postoperación).
- Diseño e implementación de programas de monitoreo para verificar las actividades implícitas en la etapa de postoperación, cierre, postcierre y abandono.
- Actualización y preparación de las actividades previas y posteriores al abandono, incluyendo el programa calendarizado y el presupuesto con las medidas y actividades de recuperación contempladas en el Plan.
- Preparación de un plan durante las operaciones con los puntos de vista del personal de la operación de las diversas áreas como de consultores expertos, que muestren las áreas y sitios adecuados para que las actividades de recuperación se pueden llevar a cabo de manera simultánea.

- Traslado de equipos y maquinaria al almacén de disposición temporal en la misma mina o en un sitio que se destine para este fin en la ciudad de Dolores Hidalgo, para destinarlos hacia otras operaciones mineras del propio consorcio o bien para su venta y comercialización a terceros interesados del ámbito minero.

b.3) Directrices para el cierre de caminos de acarreo y corredores de comunicación de las áreas industriales y de servicios

- Reconformación y cierre de caminos de operación en la etapa de postoperación en un cierre progresivo en retroceso que permita la aplicación de medidas de estabilización en áreas del tajo, la tepetatera, el Stockpile de gruesos, en otras áreas industriales y en las presas de control ambiental.
- Retiro de torres de vigilancia y casetas en puntos estratégicos que no requieran de esta infraestructura, acopiando y disponiendo todo el mobiliario e infraestructura susceptible de reciclo en el área dedicada para su reutilización o venta.
- Prever una integración del sitio al entorno circundante.
- Estabilización física mediante contorneo y restauración de aquellas superficies no naturales en los caminos que requieren ser adaptados a la topografía residual que quedará en el sitio, empleando rellenos en los casos necesarios.

b.4) Directrices para el cierre del patio de lixiviación

- Lavado del mineral gastado para recuperar al máximo las trazas de valores residuales disueltos.
- Elaborar e implementar un **Programa de Monitoreo** y establecer el seguimiento de una **Curva Estimada de Disminución de Drenaje Residual**, partiendo de la toma de incrementos representativos de soluciones drenadas de aquella etapa del Patio de Lixiviación que entre en etapa de postoperación, remitiéndose las muestras a sus análisis respectivos mediante un laboratorio acreditado para determinar las concentraciones de cianuro, pH y metales disueltos asociados a los minerales, ello conforme se llegue al término de su operación y etapas de

lavado para la recuperación de valores residuales disueltos y se pase a la estabilización química para la neutralización de las pilas de lixiviación, prosiguiendo posteriormente con la estabilización física y la recuperación de las obras con medidas de reforestación.

- Realizar o revisar la hidrología del sitio específico donde se localizan las pilas de lixiviación, con apoyo de monitoreos de agua superficial y estaciones climáticas cercanas, llevando a cabo las evaluaciones correspondientes en términos de la tormenta máxima esperada para un periodo de retorno de 100 años y tratar lo relativo a la vinculación con el acuífero de la zona.
- Estabilización química mediante la disminución de las concentraciones de cianuro hasta concentraciones residuales no tóxicas compatible con la **Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007**. Las etapas del Patio de Lixiviación deberán lavarse y tratarse antes de quedar como depósitos de mineral gastado, considerándose que estará estabilizado cuando en la solución de lavado se cumpla con los siguientes valores:
  a. Los niveles de complejos débiles de cianuro asociados a los metales (WAD-CN) en el efluente de agua lavada y/o tratada sean menores a 0.2 mg/L.
  b. El nivel del potencial hidrógeno (pH) en el efluente de agua lavada o tratada esté entre 5 y 10 unidades.

- De manera previa a cualquier medida de estabilización física se establecerá un Plan de Nivelación para minimizar los impactos visuales de los contornos y formas no naturales en las etapas que conformarán el Patio de Lixiviación.
- Implementación de medidas para prevenir la erosión hídrica y eólica, garantizando la estabilidad física de la obra.
- Para asegurar la estabilidad de la 1ª y 2ª Etapa del Patio de Lixiviación, los **Factores de Seguridad** (**FS**) resultantes de los análisis de estabilidad que se hayan realizado desde el inicio del proyecto y que se verifiquen durante la etapa postoperación, se contrastarían contra el **factor mínimo de seguridad recomendado por la Norma NOM-155-SEMARNAT-2007 contra deslizamiento**

bajo condiciones estáticas de 1.5 y bajo condiciones dinámicas de 1.05. La revisión durante la etapa de postoperación será un requisito indispensable para analizar la estabilidad y el **FS** de cada pila, proponiendo en su caso las medidas de estabilización que sean las recomendables para cada etapa del patio.

- Retiro de tuberías y renivelación de taludes para formar laderas con pendientes seguras y estables.
- Estabilización física mediante contorneo, renivelación y reintegración de taludes con el terreno circundante en la medida de lo posible.
- Permitir la revegetación.
- Procurar que las escorrentías se transfieran de manera libre.

b.5) Directrices para el cierre de piletas de solución

- De manera previa a cualquier medida de estabilización física se establecerá un Plan de Nivelación para minimizar los impactos visuales de los contornos y formas no naturales en el área de las piletas de soluciones.
- Monitoreo y análisis de los flujos drenados de las etapas del patio.
- Comportamiento del drenaje y recuperación de valores residuales.
- Supresión de los niveles de concentración de valores y reactantes.
- Acopio y retiro de sedimentos a una Celda del Patio de Lixiviación.
- Estabilización física con relleno de material no peligroso.
- Retorno a la forma original del sitio, cuidando la capacidad natural de drenaje.
- Desmantelamiento de la infraestructura de bombeo y tuberías

b.6) Directrices para monitoreo de aguas superficiales y subterráneas durante la etapa de postoperación

- Muestreos de agua conforme a un Programa de Monitoreo.
- Análisis de agua superficial con base a la normatividad vigente sobre contaminantes.
- Contraste de la calidad del agua con monitoreos aguas arriba y abajo del patio y la tepetatera.

- Limpieza y mantenimiento de las presas de control ambiental, clausurando y estabilizando físicamente los sitios de aquellas obras que no sean necesarias para las nuevas condiciones residuales topográficas que se presenten en la etapa de postoperación.
- En su caso conocimiento de la autoridad competente sobre límites permisibles excedidos y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes.
- Monitoreos de aguas subterráneas de los pozos instalados.
- Clausura de pozos de monitoreo asociados al Sistema de Lixiviación (patio, piletas y planta de proceso).
- En su caso conocimiento de la autoridad competente sobre límites permisibles excedidos y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes.
- Monitoreos de aguas subterráneas de los pozos instalados.
- Clausura de pozos de monitoreo asociados al Sistema de Lixiviación (patio, piletas y planta de proceso).

b.7) Directrices para el cierre de la planta de trituración

- De manera previa a cualquier medida de estabilización física se establecerá un Plan de Nivelación para minimizar los impactos visuales de los contornos y formas no naturales en el área de la planta de trituración.
- Demolición de bases y pisos de concreto armado, diques perimetrales y cimentaciones de tolva de gruesos, chutes, columnas, estructuras y vigas de los equipos de trituración, clasificación, bandas transportadoras y tambor aglomerador.
- Retiro de todas las estructuras, luminarias, cableados de las bandas transportadoras fijas de la planta.
- Demolición y retiro de escombros de cuartos de supervisión, cimentaciones, CCM, subestación, bases de transformadores, servicios del personal de la planta. Los escombros se podrán reutilizar en las propias medidas de estabilización física o rellenos de las diversas áreas donde se demande de contorneos y nivelaciones.

- Retiro de los módulos móviles de Chapulines y Stackers al sitio dedicado de donde se enviarán a su reutilización o venta.
- Estabilización física del terraplén de la planta mediante contorneo y nivelación, integrando el lugar al entrono circundante en la medida de lo posible, previendo un control y manejo de posibles corrientes superficiales que se reclamen en el lugar una vez adaptado el sitio a las nuevas condiciones residuales.
- Todo el equipamiento, vigas y elementos estructurales de techos, escaleras, pasamanos, parrillas y columnas de soporte de los diversos equipos de la planta, junto con postería, conductores eléctricos, gabinetes, transformadores, etc.; serán acopiados en el sitio dedicado exprofeso para su reutilización en otras operaciones o venta de materiales susceptibles de reciclo (metales, estructuras y perfiles de acero, etc.).

b.8) Directrices para el cierre de la planta de proceso (circuitos, SART, ADR y Refinería)

- Estabilización química de los tanques y tuberías del proceso mediante limpieza y neutralización de las áreas de proceso, empleando agentes oxidantes comerciales como el hipoclorito de sodio en forma diluida al 10% de su concentración comercial, con equipo de protección personal, ajuste de pH en 10.5 unidades y agua terminal para lavado; como condición previa al desmantelamiento de tanques de preparación y almacenamiento de sustancias diluidas, tanques reactores agitadores, espesadores y filtros del circuito SART, como columnas de adsorción, lavado ácido, elusión, filtro y tanque de pagado del área de regeneración de carbón del circuito ADR; equipos, tuberías y sistemas de bombeo en línea y de sumideros de recuperación en pisos.
- Demolición de bases y pisos de concreto armado, bardas perimetrales y bases de tanques de reactivos, reactores, espesadores del circuito SART como las columnas de adsorción, lavado ácido y elusión de ADR, incluyendo el área de regeneración de carbón (criba, tanque de apagado, horno de regeneración, filtro de carbón desgastado).

- Retiro de estructuras, tirantes de soporte y techos de la nave de la planta de proceso.
- Demolición y retiro de escombros de cuartos de supervisión, CCM, subestación, bases de transformadores, cimentaciones de tanques de preparación y almacenamiento de reactivos, almacén de reactivos, bases de reactores, tanques espesadores, filtros, planchas y diques de concreto de las áreas del tren de adsorción, lavado ácido, elusión y electrólisis, bóveda de la refinería, además de oficinas, cuartos de cambio y servicios del personal de la planta. Los escombros se podrán reutilizar en las propias medidas de estabilización física o rellenos de las diversas áreas donde se demande de contorneos y nivelaciones.
- Desmantelamiento de toda la infraestructura de equipos, tuberías y estructuras de soporte, subestación, luminarias, líneas eléctricas, ductería de extracción de emisiones y Scrubber de los circuitos SART y Refinería.
- Inclusión de todas las áreas del proceso en las medidas de estabilización química, física y ambiental como en los costeos del PRCM.
- Seguir las directrices que se incluyen en el Código Internacional del Cianuro.
- Estabilización química previa al retiro de tanques, desmantelamiento de estructuras, parrillas, escaleras, pasamanos, techos, vigas y columnas, continuando con la demolición de las áreas de almacenamiento y preparación de Cianuro.

b.9) Manejo y disposición de Residuos Sólidos Urbanos y No peligrosos

- Acopio y disposición de residuos de carácter peligroso siguiendo los protocolos de gestión implementados por la Unidad Minera, para remitirlos mediante transportista y empresa de disposición final o confinamiento que se encuentren autorizados por la Secretaría.
- El área donde se localizan las instalaciones de la planta de proceso y circuitos SART, ADR y la Refinería, será estabilizada físicamente hasta donde sea posible para reintegrarla a la topografía circundante, llevando a cabo contorneos y nivelaciones para terminar con actividades de revegetación con especies nativas.

- De manera previa a cualquier medida de estabilización física se establecerá un Plan de Nivelación para minimizar los impactos visuales de los contornos y formas no naturales en el área de la planta de los procesos SART, ADR y la Refinería.
- Traslado de equipos, elementos de control e instrumentación, así como de estructuras a la Cd. de Dolores Hidalgo, para destinarlos hacia otras operaciones mineras o bien para su venta y comercialización.

b.10) Dispersión de partículas (planta de proceso)

- En el renglón de dispersión de partículas se aplicará la **NOM-043-SEMARNAT-1993** que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas, para emisiones provenientes de operaciones de fundición en la planta metalúrgica, concluyendo el monitoreo de partículas sólidas cuando se dé cumplimiento a los criterios establecidos en esta Norma.
- Traslado de equipos, elementos de control e instrumentación, así como de estructuras al sitio de acopio previamente elegido, para destinarlos hacia otras operaciones mineras o bien para su venta y comercialización.

b.11) Directrices para protección de especies

- Promover la conservación de especies en riesgo y rescate de flora y fauna.
- Monitoreo cada seis meses con participación de especialistas en materia de flora y fauna silvestres.

b.12) Directrices para materiales y residuos

- Durante el cierre, cualquier reactivo (incluyendo el cianuro), explosivos y otros materiales de riesgo serán retirados de la zona por un contratista autorizado. Los residuos peligrosos, tales como baterías, aceite usado y materiales contaminados con hidrocarburos, serán manejados y tratados por contratistas autorizados.

- Los suelos contaminados con hidrocarburos serán tratados in situ de acuerdo con las prácticas de gestión utilizadas durante las operaciones o tratados fuera de la zona en una instalación autorizada para tal fin.

b.13) Directrices para edificios e instalaciones de servicio de apoyo para las operaciones

- Desmontaje y retiro del lugar de todo elemento de mobiliario, herramientas y equipos de oficina/taller para su reusó o venta.
- Desmantelamiento y demolición de cuerpos constructivos, integrando las tuberías y ductos plásticos como uso de material de relleno (previa neutralización).
- Los elementos sanitarios y red de drenaje serán desmantelados, desinfectados y clausurados.
- Desmantelamiento de la infraestructura eléctrica y de agua, analizándose las opciones de transferencia a las comunidades cercanas, a la CFE o a su venta en función de sus características.
- Todos los conceptos que se refieren a las instalaciones complementarias, como señalamientos en el abandono, cercas de seguridad, etc., serán integrados en los costeos del Plan, desmantelados y retirados.

c) Abandono de instalaciones

Las áreas industriales de los tajos, tepetatera, caminos de acarreo, Patio de Lixiviación y la planta de proceso serán abandonados en el momento en que se llegue al agotamiento y término de las reservas minerales presentes en los yacimientos del lugar y no se tenga evidencia de la presencies de más vetas o cuerpos mineralizados susceptibles de explotar y recuperar. Tratándose de una zona minera de alto potencial, se realizarán estudios de ingeniería y actividades rutinarias de exploración durante toda la fase de la explotación, pudiendo descubrirse nuevo yacimiento y verse incrementada la vida útil de las instalaciones industriales actualmente contemplada.

d) Consideraciones adicionales para el cierre

En lo concerniente al Sistema de Lixiviación, el **Plan** considerará recomendaciones que son compatibles con los criterios de cierre de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**.

Programas de monitoreo permitirán la identificación de problemas y modificaciones potenciales de métodos alternativos para eventos de revegetación.

2.2.9. Residuos.

a) Residuos mineros

Para las obras y actividades relacionadas el proyecto, se tienen los siguientes **seis tipos de residuos mineros** que se relacionan con las diferentes etapas unitarias del proceso:

- Residuos provenientes del minado:
- Tepetate generado en las actividades de descapote y profundización del tajo
- Residuos del beneficio de minerales:
- Mineral gastado del sistema de lixiviación en montones
- Residuos del proceso hidrometalúrgico:
- Carbón activado gastado
- Yeso

Residuos de etapas donde se presentan procesos pirometalúrgicos:

- Escorias vitrificadas
- Ladrillo refractario

Atendiendo a la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar un **Plan de Manejo de Residuos Mineros**, se definirán y aplicarán las medidas necesarias que aseguren el manejo integral de los residuos mencionados, considerando en su gestión aspectos administrativos, económicos, tecnológicos, sociales y de índole ambiental.

Para tal efecto la promovente elaborará un **Plan de Manejo** integral para este tipo de residuos, estableciendo las modalidades de manejo que respondan a las particularidades de cada uno. Para integrar el **Plan de Manejo** se considerarán las etapas a seguir con la descripción de las actividades para el manejo integral de los residuos mineros, así como para su evaluación, mejora y actualización.

De manera paralela al **Plan de Manejo** tanto el tajo, la tepetatera, el Sistema de Lixiviación y los demás componentes que tienen que ver con las áreas de servicios, estarán comprendidos en el total de instalaciones de la **Unidad Minera** que se considerarán en la determinación de los costeos del **Plan de Restauración y Cierre de Mina**.

En el **Plan de Manejo** se establecerá una **línea base de generación**, con objeto de definir los objetivos, acciones y metas para la prevención, minimización y aprovechamiento de residuos, estableciendo esta línea base de manera previa a la formulación del **Plan de Manejo** correspondiente.

La línea base de generación comentada consistirá en la información relativa al tipo y volumen generado de cada uno de los residuos, con lo cual se iniciará la formulación del plan de manejo, contemplando todos los residuos objeto del mismo, así como sus respectivos volúmenes o las cantidades que de ellos se generan. Los datos se podrán establecer a partir de un estimado de generación y en el caso de los residuos peligrosos, se podrá establecer la línea base a partir de los volúmenes registrados en la Cédula de Operación Anual remitida a la Secretaría, incluyendo las actividades de manejo de cada uno de ellos.

Para los demás residuos, se establecerá la línea base a partir de la generación anual estimada.

Una vez establecida la línea base, el generador formulará los objetivos y metas para el manejo integral de los residuos.

Las rutinas de muestreo se enfocarán a la toma de incrementos representativos de tepetate y mineral gastado sobre áreas reticuladas distribuidas espacialmente, haciendo pozos de sección rectangular en los puntos de la retícula ya sea sobre las bermas de ambos tipos de obras como en sus terraplenes superficiales, donde por precisión y representatividad es más simple trabajar los pozos de muestreo incluso con apoyo de equipo mecanizado, evitando la generación de errores por la segregación de partículas que se presenta en los taludes ante el ángulo de reposo de los materiales, sin menoscabo de la seguridad laboral y riesgos para los equipos que se presenta cuando se llevan a cabo trabajos sobre pendientes de taludes pronunciados.

Para determinar la peligrosidad del residuo de tepetate, se seguirán los métodos de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata. Particularmente en lo referente a su **Anexo Normativo No. 1 sobre la prueba de extracción de constituyentes tóxicos** (**Prueba de Movilidad de Constituyentes Tóxicos por Agua Meteórica o MWMP por sus siglas en ingl**, comparando el extracto **PECT** (lixiviado a partir del cual se determinan los constituyentes tóxicos) con el cuadro 2 de la **NOM-052-SEMARNAT-2005**, que marca los límites máximos permisibles misma que establece por su parte las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

b) Generación de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos que se generarán en el Proyecto obedecen a las actividades de mantenimiento de los equipos y maquinaria del tipo minero y civil que se utilizará en las obras, como también de los residuos del tipo minero que se generarán durante la etapa de operación y mantenimiento. La cantidad y características de estos residuos como los

destinos y sitios de disposición final se presentan en el cuadro que se presenta al final de este apartado.

c) Generación de residuos no peligrosos

Los residuos de este tipo consisten por una parte en la vegetación que será removida del sitio donde se contemplan las etapas de preparación, construcción y operación del tajo, como en los sitios donde se contemplan la tepetatera, la planta de trituración, el Sistema de Lixiviación y en menor proporción en los terraplenes de los caminos de acarreo y las plantillas de los diversos servicios; debiendo tener en cuenta que en el sitio la vegetación no es muy abundante y se presenta una perturbación evidente, por tratarse de un lugar muy cercano a las comunidades de San Antón de las Minas, San Isidro del Sisote y Silleros, por lo que se aprecian superficies impactadas que ya sufrieron el cambio de uso del suelo en el entorno del lugar.

En el cuadro de residuos se especifican los tipos de residuos que se presentarán en cada una de las etapas del proyecto, incluyendo los residuos generados por el personal por la basura proveniente de las actividades laborales y servicios personales (alimentación, limpieza, sanitarios), además de empaquetaduras, sobrantes y recipientes de componentes de los equipos de carácter no peligroso que se recibirán en las remesas de materiales e insumos que se requieren para la operación.

Los residuos del tipo vegetal serán removidos en las actividades de desmonte de la superficie donde se pretende la construcción del tajo, la tepetatera, Stockpile de gruesos, planta de trituración, el Sistema de Lixiviación y el universo de servicios asociados a las operaciones. La cantidad de especies y volumen por remover es sensiblemente baja en este proyecto, debido a las características del lugar.

d) Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos

En la Unidad Minera se establecerá la infraestructura necesaria para el acopio, transferencia y almacenamiento de los diferentes residuos peligrosos mediante la

construcción de un almacén temporal además de estaciones estratégicas de acopio distribuidas en las áreas de demanda (talleres, planta de proceso, etc.), mientras que para los residuos de carácter no peligroso se contratarán los servicios de un contratista para remitirlos al relleno de la ciudad de Dolores Hidalgo bajo convenio con las autoridades municipales.

Para los residuos del tipo peligroso las remesas generadas se identificarán mediante rotulaciones y manejo de contenedores específicos para cada tipo de residuo, enviando los lotes al almacén temporal de residuos peligrosos de la Unidad, de donde posteriormente saldrán por transporte vía terrestre hacia su disposición final mediante empresas de transporte y de disposición final autorizadas por la Secretaría, previendo un almacenamiento menor a 3 meses dentro del almacén temporal y controlando las cantidades y tipo de residuos mediante una bitácora, además del apoyo de equipos y programas de cómputo, para generar un control y archivo de los manifiestos consecutivos de generación, transporte y disposición final que se vayan presentando en el transcurso del tiempo.

Los volúmenes y características específicas de los diferentes residuos del tipo peligroso que se contempla generar en el Proyecto se incluyen igualmente en el cuadro de residuos.

2.2.9.1. Todas las obras, etapa de preparación

a) Residuos sólidos

Desde la etapa de preparación se presentará la generación de residuos, donde las actividades de desmonte en las superficies del tajo, tepetatera, caminos de acarreo, Stockpile, planta de trituración, Sistema de Lixiviación como en las diversas áreas de servicios; son los conceptos que arrojarán un volumen de residuos vegetales y arbustos como consecuencia de la apertura y preparación con empleo de maquinaria para poder

dar las especificaciones de la subrasante para preparar cada una de las plantillas de las obras.

Otros residuos sólidos que se relacionan con la etapa de preparación comprenden los residuos sólidos del tipo gravoso y rocoso del tepetate, generándose volúmenes de roca y piedra en las excavaciones del tipo superficial en el área de ampliación del tajo, además de los residuos provenientes del mantenimiento de la maquinaria pesada y los residuos del personal derivado de sus actividades laborales y necesidades personales, junto con los provenientes de los servicios administrativos y de los embalajes y envolturas de materiales e insumos recibidos para los trabajos.

Las cantidades y características de este tipo de residuos se incluyen en el cuadro que condensa las generaciones relativas a los mismos.

b) Residuos líquidos

En la etapa de preparación se generarán descargas residuales sanitarias domésticas por parte del personal temporal que participará en las diversas obras y actividades.

Estos flujos serán de carácter temporal por el periodo que ocupará la etapa de preparación, instalándose baterías de letrinas portátiles móviles para grupos de 15 a 20 trabajadores, las cuales serán de uso obligatorio para el personal que labore en la construcción, instruyendo al personal a través de pláticas de concientización sobre los procedimientos sanitarios.

c) Residuos peligrosos

Se generarán en las actividades de mantenimiento preventivo de la maquinaria, equipos, camiones y vehículos que se utilizarán en las actividades de preparación; **construyéndose un almacén provisional que operará para las etapas de preparación y construcción**, implementando procedimientos de gestión para su adecuado manejo, control y la disposición final que debe realizarse, considerando que a

corto plazo se construirá en la **Unidad Minera** el almacén temporal de residuos peligrosos, con secciones dedicadas para cada tipo de residuos (sólidos impregnados con hidrocarburos, residuos de grasas y aceites, tierra contaminada, desechos automotrices).

d) Emisiones

Se presentarán emisiones de **humos, polvos y ruido**, donde los humos y ruidos provendrán de maniobras y trabajos de equipos que realizarán la rezaga y acarreo del material que se irá generando.

El acarreo del material generado en las actividades de despalme **generará algunas emisiones de polvos en las obras que comprenden esta actividad**, sin embargo, por tratarse de un área abierta y de superficie considerable, el nivel de estas emisiones no se considera relevante tanto para la zona de trabajo como para las comunidades que se encuentran en distancias que van desde 1.65 hasta 1.73 kilómetros.

El ruido relacionado con la maquinaria y camiones de acarreo, igualmente se presentará de manera alejada a los núcleos de población presentes en las comunidades, donde por desarrollarse los trabajos en espacios abiertos **se considera que los niveles de ruido para la maquinaria serán del orden de 70~80 dBA** a distancias menores a 60 m respecto de la ubicación de los equipos.

e) Residuos de manejo especial

Residuos de manejo especial provendrán de reposiciones de baterías y llantas desgastadas de los equipos, camiones y vehículos; siendo residuos que los contratistas y el personal de la mina dispondrán bajo procedimientos de acopio y reciclo a sitios dedicados en las instalaciones mineras y de ahí a su reciclaje en la ciudad circunvecina (Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende y Guanajuato, por citar algunas que se encuentran a distancias relativamente accesibles respecto del sitio minero).

2.2.9.2. Todas las obras, etapa de construcción

a) Residuos sólidos

Consistirán en **sobrantes de embalajes y sobrantes de cartón o plásticos** de los mismos materiales que se utilizarán en la planta de trituración, Sistema de Lixiviación (patio, piletas, planta de proceso), o en los servicios (talleres, almacén, oficinas, polvorines, casetas, etc.). Del mantenimiento de la maquinaria, equipos y camiones de acarreo se generarán **sobrantes de embalajes y sobrantes de cartón o plásticos que contuvieron partes o componentes de los equipos** debido a las actividades de mantenimiento, al igual que cubetas y recipientes plásticos de grasas y aceites.

Los residuos de basura y de trabajos de oficina continuarán generándose en la etapa de construcción, siendo sujetos al mismo control de disposición señalado en la etapa de preparación.

b) Residuos líquidos

Las **descargas de aguas residuales sanitarias se verán incrementadas**, por la necesidad de más personal, continuándose con el **uso de baterías de letrinas portátiles** en tanto se van construyendo las instalaciones formales de la **Unidad Minera**.

c) Residuos peligrosos

En la etapa de construcción se continuarán presentando **residuos peligrosos impregnados de aceites e hidrocarburos gastados**, provenientes del mantenimiento de los camiones y maquinaria, disponiéndose mediante los mismos procedimientos de gestión y disposición en un almacén temporal.

d) Emisiones

También se continuarán presentando **emisiones de humos, polvos y ruido** como resultado del uso de los equipos durante la etapa de construcción.

La maquinaria pesada **generará niveles de ruido en espacios abiertos que estarán por debajo de los 70~80 dBA** a distancias menores a 60 m de los equipos.

e) Residuos de manejo especial

Se continuarán presentando como consecuencia de reposiciones de baterías o llantas de los equipos, camiones y vehículos, los cuales se continuarán acopiando y disponiendo bajo el procedimiento señalado en la etapa de preparación.

2.2.9.3. Todas las obras, etapa de operación y mantenimiento

a) Residuos sólidos

En la etapa de operación se presentará **la generación de residuos de basura** proveniente de las actividades administrativas y de la atención del personal. Estos residuos se gestionarán a través de las facilidades del municipio.

En esta etapa se presentarán **residuos de embalajes y sobrantes de materiales inertes del mantenimiento como de la administración y trabajos de oficina del personal** que participará en las operaciones. También se tendrá una generación de **sobrantes plásticos y de cartón de carácter inerte por embalajes y empaques de mantenimiento**, así como **chatarra de acero** de los mismos componentes de los equipos.

Estos residuos se clasificarán de acuerdo al tipo de material enviando los residuos metálicos a su reciclo, mientras que los demás conceptos que presenten un carácter inocuo, se enviarán también a su disposición en las facilidades del municipio. Las actividades de lixiviación generarán mineral gastado que quedará dispuesto dentro de las propias Celdas de la plataforma de las etapas del patio de lixiviación hasta el término de su vida útil.

b) Residuos líquidos

Se generarán **volúmenes de descargas de aguas residuales sanitarias en el sistema de fosas sépticas que serán construida e instaladas en cada área de demanda**, siendo manejadas por medio de un contratista específicamente dedicado a la limpieza y traslado de estos residuos mediante equipos hidroneumáticos con bombas de vacío y reclamo en camiones con tanques (Vactor) hasta la ciudad de Dolores Hidalgo, donde se cuenta con plantas de tratamiento bajo convenio con las autoridades municipales.

c) Residuos peligrosos

En la etapa de operación se generarán **residuos sólidos peligrosos compuestos de impregnados con hidrocarburos y aceites gastados provenientes de los talleres y actividades de mantenimiento**.

Los residuos de este tipo se acopiarán bajo **los protocolos de gestión que la Unidad Minera** elaborará e implementará para tal fin, bajo vigilancia continua por parte del personal del área de medio ambiente para vigilar el cumplimiento del manejo y control-disposición de este tipo de residuos.

Los residuos se clasificarán y dispondrán en un almacén temporal de residuos peligrosos de la **Unidad Minera**, de donde serán enviados a su disposición final mediante transportes y sitios de disposición final debidamente autorizados por la Secretaría.

d) Emisiones

Durante la etapa operativa se presentará **la generación de humos, ruidos y polvos provenientes de la operación de los equipos y maquinaria** que opera en las áreas del tajo, caminos de acarreo, tepetatera, planta de trituración, planta de generación principal y auxiliares en las áreas de piletas y circuitos **SART** y **ADR**, o en los componentes del Sistema de Lixiviación.

En los trabajos mineros **es común que se presenten polvos y ruidos producto de las actividades propias de explotación minera**, en la disposición de tepetate, etapa de trituración y en la pila de lixiviación; siendo obligatorio el uso de equipo de protección personal tanto para ruido como para polvo, además de guantes, ropa de trabajo y calzado industrial con casquillo de acero o botas de hule con casquillo para áreas húmedas (mantenimiento de canales, piletas y sumideros) en áreas vinculadas con las plantas **SART** y **ADR** o bien el uso de aditamentos de ropa y equipo de protección en áreas de especialidad como el laboratorio y el personal cercano a la red de tuberías de riego en el patio.

Las operaciones mineras del proyecto se sujetarán al cumplimiento de la **NOM-023-STPS-2003**, relativa a trabajos en minas, condiciones de seguridad y salud en el trabajo; siendo la directriz que norma el protocolo de todos los criterios y procedimientos que se siguen en los trabajos mineros.

Los calentadores para intercambio de calor, el área para regeneración del carbón y el área de fundición, generarán gases y partículas que deben sujetarse a lo contenido en las **NOM-043-SEMARNAT-1993** y **NOM-085-SEMARNAT-2011**, ya que se trata de fuentes fijas de jurisdicción federal en materia de emisiones a la atmósfera.

Los camiones de acarreo y maquinaria que laborará en las actividades de acarreo de mineral y tepetate como en el mantenimiento de bermas, caminos de acarreo y corredores de comunicación entre las áreas, generarán emisiones de ruido, polvos y humos de combustión a la atmósfera, presentándose niveles de ruido que se verán mitigados por ocurrir en actividades del tipo a cielo abierto. Los niveles perceptibles de ruido se presentarán en distancias de 60 m de los equipos para fronteras de ruido de 70 dBA.

e) Residuos de manejo especial

Provendrán de reposiciones de baterías y llantas inservibles de los equipos, camiones y vehículos, que se acopiarán y dispondrán bajo los protocolos de gestión que implementará la Unidad Minera, manejándose en un centro de acopio y control de chatarra junto con los demás componentes de desgaste que son susceptibles de reciclarse (acero, cablería eléctrica, cartón, tubería plástica, etc.).

2.2.9.4. Todas las obras, etapa de post-operación

En el patio de lixiviación se tratarán los minerales procedentes del tajo y de la planta de trituración, enviando la solución preñada de lixiviación a los circuitos de la planta de proceso, mientras que **el mineral gastado de la lixiviación en montones permanecerá dispuesto de manera residual en la propia plataforma del patio**.

Por su parte **los residuos mineros de la explotación quedarán dispuestos en la obra de tepetatera** una vez que se vino preparando, construyendo, operando y manteniendo durante el transcurso de las operaciones con base en la vida útil del yacimiento.
Cuando lleguen al término de su vida útil las obras del tajo, el patio y la tepetatera y ya no se requiera de las instalaciones industriales y de servicios, se dará inicio a la etapa de implementación de las medidas de estabilización química, física y ambiental según aplique en cada caso en particular.

Todos los conceptos de obra estarán considerados en el **Plan de Restauración y Cierre de Mina** incluyendo los residuos que se incluirán en el **Plan de Manejo de Residuos Mineros**, como Planes donde se contemplarán y desarrollarán todas las directrices y planteamientos técnicos y recursos por aplicar en las labores de demolición de edificios, desmontaje de estructuras y retiro de equipos tanto industriales como de laboratorio como de los diversos servicios de apoyo (administrativos, almacén, talleres, polvorines, casetas, servicios del personal, etc.), aprovechando todo equipo y material que pueda ser destinado a su reciclo, venta o reutilización; **aplicándose las medidas de eliminación de toxicidad**, (estabilización química) en las líneas de tubería, tanques y

demás instalaciones que contengan valores residuales de interés económico y que hayan tenido contacto con soluciones de cianuro.

Los **residuos sólidos inertes** que se generen en las actividades de demolición serán dispuestos en las propias obras de contención de la mina, es decir; en la plataforma del patio de lixiviación y en la tepetatera, sirviendo dichos residuos como materiales de relleno y atraque mecánico de los materiales gravosos y rocosos que hay en dichas obras mineras, previa evaluación de las características geotécnicas de los sitios que pueden servir para este tipo de maniobras y el **Plan de Nivelación Final** que será elaborado para todas la obras comprendidas en la Unidad Minera. Enseguida se condensan los tipos de residuos que se estima generar desde la etapa previa al cese de las operaciones.

a) Residuos sólidos

En la etapa de postoperación se presentarán actividades de demolición y desmontaje de edificios, equipos y estructuras tanto en la mina como en la planta de proceso junto con las diversas áreas de servicios, generándose los siguientes tipos de residuos:

- Sólidos provenientes de la demolición de edificios, incluyendo los sólidos generados en la demolición de diques y cimentaciones de los equipos
- Ventanas de vidrio y acrílicas, puertas, cancelería, estantería y marcos de aluminio y acero
- Residuos del desmontaje de equipos y mobiliario del laboratorio
- Componentes metálicos de estructuras de soporte, escaleras, pasamanos, columnas, vigas, techos y mallas de cercado de la nave de la planta de proceso
- Materiales de cableado, postería, charolas, cercas y retenidas del cableado eléctrico de los procesos y de las subestaciones
- Remanentes del embalaje de materiales de madera, cartón, papel y plástico
- Residuos del desmontaje de cercados, tuberías metálicas y plásticas, así como de bandas transportadoras y cribas, mantles, quijadas, tazas de trituradoras, rodillos del molino HGPR, placas y láminas de desgaste, mangueras, bandas de transmisión, barriles, carcasas, forros e impulsores de bombas

- Residuos del desmantelamiento y retiro de conexiones, tubería y accesorios hidráulicos de la operación
- Remates de soleras metálicas de los cuerpos de los tanques de proceso, agua y preparación de reactivos
- Embalajes remanentes de sustancias químicas industriales y del laboratorio tales como cajas de madera, tambos metálicos y plásticos, cubetas plásticas y metálicas, frascos plásticos y de vidrio de diferentes volúmenes, sacos de cartón, costales plásticos de nylon, así como porrones de vidrio de 19 L
- Plafones de poliestireno y otros polímeros de uso eléctrico, así como materiales de PVC
- Desmantelamiento de parrillas metálicas de escaleras, trincheras y barandales
- Residuos del retiro de balastaras, postería, estructuras, luminarias y barras fosforescentes provenientes del desmontaje industrial y de servicios
- Residuos generados en el desmantelamiento de subestaciones de derivación y transformación, gabinetes de control y charolas de cableado
- Materiales sólidos generados en la demolición y desmantelamiento de servicios sanitarios en todas las áreas, así como estantería, mesas de trabajo, bancos de taller, mobiliario de oficinas, estantería de almacén, mesas, refrigeradores, estufas, hornos y equipamiento de comedores
- Retiro de tanques industriales y de otros de servicios

b) Residuos líquidos

Las descargas de aguas residuales domésticas se interrumpirán de forma gradual manejándose con el sistema existente en las áreas de oficinas, hasta que llegue el momento en que se detenga la operación y se proceda a la demolición y desmontaje de equipos útiles, sellando las fosas sépticas repartidas en las distintas áreas.

El flujo líquido industrial se abatirá paulatinamente conforme las curvas de recuperación y drenaje de los procesos hasta el punto en que se interrumpan por completo,

asegurando la extracción de valores como la eliminación de cualquier sustancia o químicos contenidos en dicho flujo.

Para las sustancias sobrantes del laboratorio se analizarán alternativas, enviándolas ya sea hacia otras operaciones, se destinarán a los mismos proveedores o bien a otros usuarios del ámbito minero que demanden de dichos componentes.

c) Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos se continuarán manejando con los protocolos de gestión que implementará la **Unidad Minera**, acopiándolos en el almacén temporal y enviándolos posteriormente a su disposición final mediante transportistas y empresas autorizadas por la Secretaría.

d) Emisiones

Las **emisiones de polvo, humos y ruido** se verán disminuidas en frecuencia y cantidad, conforme se vayan deteniendo las actividades hasta el punto en que se llegue al cierre y abandono en todas las áreas relacionadas con la planta de trituración, las etapas del patio de lixiviación y servicios asociados al Sistema de Lixiviación (piletas de soluciones, circuitos **SART**, **ADR** y **Refinería** de la planta de proceso), además de los tanques de almacenamiento de diésel de mina y planta, polvorines, planta de generación, etc.

e) Residuos de manejo especial

Este tipo de residuos consisten en llantas desgastadas, baterías, tanques de gases LP, acumuladores de soladura y acetileno del laboratorio, pulmones de proceso. Para estos conceptos se proseguirá con el envío a los proveedores para su reutilización o se identificarán oportunidades de venta en otras Unidades Mineras o a terceros particulares interesados.

2.2.10. Generación de gases efecto invernadero

2.2.10.1. Identificar por etapas del proyecto las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero

a) Fuentes generadoras de gases de efecto invernadero en la etapa de preparación del sitio y construcción.

En la etapa de preparación del sitio y construcción se espera se generen gases de efecto invernadero producto de la combustión de la maquinaria y equipo que se utilice para su desarrollo.

Se estima para esta etapa el uso de la siguiente maquinaria y equipo:

Tabla II. 50. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción.

CANTIDAD	MAQUINARIA O EQUIPO	CAPACIDAD	
		CANTIDAD	UNIDAD
6	Camiones de volteo	300	HP
1	Camión Pipa de Agua	300	HP
1	Camión de Servicio	300	HP
1	Tractor de D9	474	HP
1	Tractor D8	347	HP
1	Tractor D6	244	HP
1	Cargador 980C	311	HP
2	Cargador 966C	220	HP
1	Generador	268	HP
2	Motoniveladora 140 CAT	300	HP
2	Retroexcavadora	260	HP
1	Manipulador	99	HP

b) Fuentes generadoras de gases de efecto invernadero en la etapa de operación y mantenimiento.

En la etapa de operación y mantenimiento se espera se generen gases de efecto invernadero producto de la combustión de la maquinaria y equipo que se utilice para su desarrollo y los eventos de voladura.

Se estima para esta etapa el uso de la siguiente maquinaria y equipo:

Tabla II. 51. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizar en la etapa de operación y mantenimiento.

CANTIDAD	MAQUINARIA O EQUIPO	CAPACIDAD	
		CANTIDAD	UNIDAD
2	Cargador 992 CAT	943	HP
1	cargador 988 CAT	501	HP
1	cargador 980 CAT	311	HP
2	Camión 770 CAT	492	HP
3	Camión 773 CAT	800	HP
4	Camión 777 CAT	1026	HP
2	Motoniveladora 140 CAT	300	HP
1	Tractor D6 CAT	370	HP
1	Tractor D8 CAT	410	HP
1	Tractor D9 CAT	700	HP
1	Camión Pipa de Agua	300	HP
1	Camión de Servicio	300	HP
2	Caldera (una de emergencia)	700000	BTU
1	Horno de crisol para fundición de concentrado	700000	BTU
1	Horno rotatorio horizontal para regeneración de carbón	100000	BTU

c) Fuentes generadoras de gases de efecto invernadero en la etapa de cierre y abandono.

Al igual que en las otras etapas en esta se utilizarán equipos de combustión interna para las labores de cierre y abandono.

Tabla II. 52. Relación de maquinaria y equipo de combustión a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento.

CANTIDAD	MAQUINARIA O EQUIPO	CAPACIDAD	
		CANTIDAD	UNIDAD
2	Camiones de volteo	300	kW
1	Camión Pipa de Agua	300	kW
1	Camión de Servicio	300	kW
1	Tractor de D9	474	kW
1	Tractor D6	244	kW
1	Cargador 980C	311	kW
1	Generador	268	kW
1	Motoniveladora 140 CAT	300	kW
1	Retroexcavadora	260	kW

2.2.10.2. Determinación de los gases de efecto invernadero que se generaran durante las diferentes etapas del proyecto, como sea el caso de H_2O, CO_2, CH4, N_2O, CFC, O_3, entre otros

a) Gases de efecto invernadero que se generaran durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

Para determinar las emisiones de los equipos pesados se utilizaron los factores de emisión, contenidos en tabla 3.4-1. del apartado 3.4 del AP-42, considerando 330 días laborables al año y 5 horas netas al día, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II. 53. Cálculo de gases efecto invernadero de la maquinaria y equipo de combustión pesado utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción.

EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD HP	FACTORES DE EMISIÓN (LB/HP-HR)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	0.24	1.16
Tractor D8	1	347	0.24	1.16
Tractor D6	1	244	0.24	1.16
Cargador 980C	1	311	0.24	1.16
Cargador 966C	2	220	0.24	1.16
Generador	1	268	0.24	1.16
Motoniveladora 140 CAT	2	300	0.24	1.16
Retroexcavadora	2	260	0.24	1.16
Manipulador	1	99	0.24	1.16
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD HP	FACTORES DE EMISIÓN (KG/HP-HR)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	0.10896	0.52664
Tractor D8	1	347	0.10896	0.52664
Tractor D6	1	244	0.10896	0.52664
Cargador 980C	1	311	0.10896	0.52664
Cargador 966C	2	220	0.10896	0.52664
Generador	1	268	0.10896	0.52664
Motoniveladora 140 CAT	2	300	0.10896	0.52664
Retroexcavadora	2	260	0.10896	0.52664
Manipulador	1	99	0.10896	0.52664
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD HP	EMISIÓN (KG/HR)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	51.64704	249.62736
Tractor D8	1	347	37.80912	182.74408
Tractor D6	1	244	26.58624	128.50016
Cargador 980C	1	311	33.88656	163.78504
Cargador 966C	2	220	47.9424	231.7216
Generador	1	268	29.20128	141.13952
Motoniveladora 140 CAT	2	300	65.376	315.984
Retroexcavadora	2	260	56.6592	273.8528
Manipulador	1	99	10.78704	52.13736

EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD HP	EMISIÓN TON	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	85.217616	411.885144
Tractor D8	1	347	62.385048	301.527732
Tractor D6	1	244	43.867296	212.025264
Cargador 980C	1	311	55.912824	270.245316
Cargador 966C	2	220	79.10496	382.34064
Generador	1	268	48.182112	232.880208
Motoniveladora 140 CAT	2	300	107.8704	521.3736
Retroexcavadora	2	260	93.48768	451.85712
Manipulador	1	99	17.798616	86.026644
Total			593.826552	2870.161668

Para el caso de los equipos de combustión interna de carretera, el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero se llevó a cabo utilizando los factores de emisión publicado en el Diario oficial de la Federación del 03 de septiembre de 2015 mediante el acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero, para ello, se tomó el consumo promedio de los equipos utilizados en otros proyectos mineros de la empresa, determinándose un rendimiento de los equipos de 1.4 km/litros y se estima que cada equipo de volteo, recorrerá una distancia promedio diaria de 640 kilómetros diarios, mientras que la pipa de agua realizará 4 viajes al día de con recorridos de 30 km y el camión de servicio repondrá niveles de combustible y aceites al final del día por lo que su recorrido se reduce a 40 km diarios laborando 300 días al año y 6 horas al día, tenemos los siguientes resultados:

Tabla II. 54. Calculo del consumo de energía de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción.

EQUIPO	UNIDA-DES	DISTANCIA (km/día)	RENDIMI-ENTO (km/l)	CONSUMO DE COMBSUTIBLE				PODER CALORIFICO
				LITROS	DENSIDAD (kg/l)	kg	Mj	Mj/kg
Camiones de volteo	6	640	1.4	822857.143	0.98	806400	16800	48
Camión Pipa de Agua	1	120	1.4	25714.2857	0.98	25200	525	48
Camión de Servicio	1	40	1.4	8571.42857	0.98	8400	175	48
TOTAL				857142.857		840000	17500	

Tabla II. 55. Calculo de las emisiones anuales de gases efecto invernadero de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de preparación del sitio y construcción

FACTORES DE EMISIÓN POR TIPO DE CONTAMINANTE (t/MJ)		
CO_2	CH_4	N_2O
0.0000741	0.0000039	0.0000039
EMISIONES TOTALES (ton/año)		
CO_2	CH_4	N_2O
1.29675	0.06825	0.06825

b) Gases de efecto invernadero que se generaran durante la etapa de operación y mantenimiento.

Para determinar las emisiones de los equipos pesados fuera de carretera se utilizaron los factores de emisión, contenidos en tabla 3.4-1. del apartado 3.4 del AP-42, considerando 330 días laborables al año y 8 horas al día, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II. 56. Calculo de las emisiones de gases efecto invernadero de maquinaria y equipo de combustión pesado a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento.

EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	FACTORES DE EMISIÓN (lb/hp-hr)	
			NOx	CO_2
Cargador 992 CAT	2	943	0.24	1.16
cargador 988 CAT	1	501	0.24	1.16
cargador 980 CAT	1	311	0.24	1.16
Camión 770 CAT	2	492	0.24	1.16
Camión 773 CAT	3	800	0.24	1.16
camión 777 CAT	4	1026	0.24	1.16
Motoniveladora 140 CAT	2	300	0.24	1.16
Tractor D6 CAT	1	370	0.24	1.16
Tractor D8 CAT	1	410	0.24	1.16
Tractor D9 CAT	1	700	0.24	1.16
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	FACTORES DE EMISIÓN (kg/hp-hr)	
			NOx	CO_2
Cargador 992 CAT	2	943	0.10896	0.52664
cargador 988 CAT	1	501	0.10896	0.52664
cargador 980 CAT	1	311	0.10896	0.52664
Camión 770 CAT	2	492	0.10896	0.52664
Camión 773 CAT	3	800	0.10896	0.52664
camión 777 CAT	4	1026	0.10896	0.52664
Motoniveladora 140 CAT	2	300	0.10896	0.52664
Tractor D6 CAT	1	370	0.10896	0.52664
Tractor D8 CAT	1	410	0.10896	0.52664

Tractor D9 CAT	1	700	0.10896	0.52664
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	EMISIÓN (kg/hr)	
			NOx	CO_2
Cargador 992 CAT	2	943	339.073	1638.85
Cargado 988 CAT	1	501	90.0718	435.347
Cargador 980 CAT	1	311	55.9128	270.245
Camión 770 CAT	2	492	176.907	855.053
Camión 773 CAT	3	800	431.482	2085.49
Camión 777 CAT	4	1026	737.834	3566.2
Motoniveladora 140 CAT	2	300	107.87	521.374
Tractor D6 CAT	1	370	66.5201	321.514
Tractor D8 CAT	1	410	73.7114	356.272
Tractor D9 CAT	1	700	125.849	608.269
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	FACTORES DE EMISIÓN (ton/año)	
			NOx	CO_2
Cargador 992 CAT	2	943	339.073	1638.85
Cargador 988 CAT	1	501	90.0718	435.347
Cargador 980 CAT	1	311	55.9128	270.245
Camión 770 CAT	2	492	176.907	855.053
Camión 773 CAT	3	800	431.482	2085.49
Camión 777 CAT	4	1026	737.834	3566.2
Motoniveladora 140 CAT	2	300	107.87	521.374
Tractor D6 CAT	1	370	66.5201	321.514
Tractor D8 CAT	1	410	73.7114	356.272
Tractor D9 CAT	1	700	125.849	608.269
Total			2205.23	10658.6

Para determinar las emisiones de los equipos de combustión fijos como: calderas y hornos se utilizaron los factores de emisión, contenidos en tabla 1.5-1. del apartado 1.5 del AP-42, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II. 57. Calculo de las horas de operación y consumo anual de combustible de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento.

EQUIPO	CAPACI-DAD (BTU/hr)	HORAS DE OPERACIÓN				CONSUMO COMBUSTIBLE	
		hr/día	día/sem	sem/año	hr/año	gal/hr	1000 gal/año
Caldera	700000	24	5	50	6000	7.25388601	43.5233161
Horno de regeneración	1000000	8	1	12	96	10.3626943	0.99481865
Horno de fundición	700000	6	1	25	150	7.25388601	1.0880829

Tabla II. 58. Factores de emisión de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento.

EQUIPO	FACTORES DE EMISIÓN (lb/1000 gal)			FACTORES DE EMISIÓN (kg/1000 gal)		
	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4
Caldera	0.9	13580	0.2	0.4086	6165.32	0.0908
Horno de regeneración	0.9	13580	0.2	0.4086	6165.32	0.0908
Horno e fundición	0.9	13580	0.2	0.4086	6165.32	0.0908

Tabla II. 59. Emisiones de los equipos de combustión fijos a utilizarse en la etapa de operación y mantenimiento.

EQUIPO	EMISIÓN (kg/año)			EMISIÓN (ton/año)		
	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4
Caldera	17.784	268335.171	3.952	0.01778	268.33517	0.00395
Horno de regeneración	0.406	6133.375	0.090	0.00041	6.13338	0.00009
Horno de fundición	0.445	6708.379	0.099	0.00044	6.70838	0.00010
Totales	18.635	281176.926	4.141	0.01863	281.17693	0.00414

Las emisiones de gases efecto invernadero que se espera se generen derivado de los eventos de voladura se determinaron utilizando los factores de emisión, contenidos en tabla 13.3.1. del apartado 13.3 del AP-42, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II. 60. Emisiones derivadas de los eventos de voladura en la etapa de operación y mantenimiento.

Tipo de material de voladura	Consumo (ton/año)	factor de emisión (kg/ton)			Emisión(ton/año)		
		CO	NOx	SO_2	CO	NOx	SO_2
ANFO	3400	34	8	1	115.600	27.200	3.400

c) Gases de efecto invernadero que se generaran durante la etapa de cierre y abandono.

Para determinar las emisiones de los equipos pesados se utilizaron los factores de emisión, contenidos en tabla 3.4-1. del apartado 3.4 del AP-42, considerando 330 días laborables y 6 días a la semana del año, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla II. 61. Calculo de las emisiones de gases efecto invernadero de maquinaria y equipo de combustión pesado a utilizarse en la etapa de cierre y abandono.

EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	FACTORES DE EMISIÓN (lb/hp-hr)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	0.24	1.16
Tractor D6	1	244	0.24	1.16
Cargador 980C	1	311	0.24	1.16
Generador	1	268	0.24	1.16
Motoniveladora 140 CAT	1	300	0.24	1.16
Retroexcavadora	1	260	0.24	1.16
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	FACTORES DE EMISIÓN (kg/hp-hr)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	0.10896	0.52664
Tractor D6	1	244	0.10896	0.52664
Cargador 980C	1	311	0.10896	0.52664
Generador	1	268	0.10896	0.52664
Motoniveladora 140 CAT	1	300	0.10896	0.52664
Retroexcavadora	1	260	0.10896	0.52664
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	EMISIÓN (kg/hr)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	51.647	249.627
Tractor D6	1	244	26.5862	128.5
Cargador 980C	1	311	33.8866	163.785
Generador	1	268	29.2013	141.14
Motoniveladora 140 CAT	1	300	32.688	157.992
Retroexcavadora	1	260	28.3296	136.926
EQUIPO	UNIDADES	CAPACIDAD (HP)	EMISIÓN (ton/año)	
			NOx	CO_2
Tractor de D9	1	474	85.2176	411.885
Tractor D6	1	244	43.8673	212.025
Cargador 980C	1	311	55.9128	270.245
Generador	1	268	48.1821	232.88
Motoniveladora 140 CAT	1	300	53.9352	260.687
Retroexcavadora	1	260	46.7438	225.929
TOTAL			333.859	1613.65

Para el caso de los equipos de combustión interna de carretera, el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero se llevó a cabo utilizando los factores de emisión publicado en el Diario oficial de la Federación del 03 de septiembre de 2015 mediante el acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero, para ello, se tomó el consumo promedio de los equipos utilizados en otros proyectos mineros de la empresa, determinándose un rendimiento de los equipos de 1.4 km/litros y se estima que cada equipo, recorrerá una distancia promedio diaria de 640 kilómetros diarios, laborando 300 días al año y 6 horas al día, tenemos los siguientes resultados:

Tabla II. 62. Calculo del consumo de energía de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de cierre y abandono.

EQUIPO	UNIDA-DES	DISTANCIA (km/día)	RENDIMI-ENTO (km/l)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE				PODER CALORIFICO
				LITROS	(kg/l)	kg	Mj	Mj/kg
Camiones de volteo	2	640	1.4	274285.714	0.98	268800	5600	48
Camión Pipa de Agua	1	120	1.4	25714.2857	0.98	25200	525	48
Camión de Servicio	1	40	1.4	8571.42857	0.98	8400	175	48
TOTAL				308571.429		302400	6300	

Tabla II. 63. Calculo de las emisiones anuales de gases efecto invernadero de los equipos de combustión interna de carretera a utilizarse en la etapa de cierre y abandono.

FACTORES DE EMISIÓN POR TIPO DE CONTAMINANTE (t/MJ)		
CO_2	CH_4	N_2O
0.0000741	0.0000039	0.0000039
EMISIONES TOTALES (ton/año)		
CO_2	CH_4	N_2O
0.46683	0.02457	0.02457

2.2.10.3. Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto

De acuerdo a las estimaciones realizadas, en resumen, los gases de efecto invernadero que se generará durante las distintas etapas del proyecto, que comprende en total 19 años, son: metano, dióxido de carbono y óxido nitroso. De estos, el de mayor volumen a emitir será: dióxido de carbono. De acuerdo a las características y dimensión del proyecto, estas emisiones no podrán ser contraladas, se disiparán naturalmente.

En el apartado anterior, se calcularon las emisiones anuales esperadas de gases efecto invernadero por tipo de equipo o actividad para cada una de las etapas del proyecto, a continuación, se presentan las emisiones totales esperadas del proyecto, considerando los dos primeros años para la etapa de preparación del sitio, 15 años posteriores para operación y los dos últimos años para el cierre y abandono.

Tabla II. 64. Emisiones de gases efecto invernadero por etapa de proyecto, tipo de equipo y actividad.

Tipo de equipo o actividad	emisiones (toneladas)					
	CO_2	CH_4	N_2O	CO	NOx	SO_2
Etapa de preparación del sitio y construcción						
Maquinaria pesada	2870.162				593.827	
Camiones	1.297	0.068	0.068			
Total anual	2871.458	0.068	0.068		593.827	
Total por etapa (2 años)	5742.917	0.137	0.137		1187.653	
Etapa de operación y mantenimiento						
Maquinaria pesada	10658.614				2205.2305	
Equipo de combustión fijo	281.1769	0.0041	0.0186			
Voladuras				115.6000	27.2000	3.4000
Total anual	10939.791	0.0041	0.0186	115.6000	2232.4305	3.4000
Total por etapa (15 años)	164096.86	0.0621	0.2795	1734.0000	33486.458	51.0000
Etapa de cierre y abandono						
Maquinaria pesada	1613.65				333.86	
Camiones	0.47	0.02	0.02			
Total anual	1614.12	0.02	0.02		333.86	
Total por etapa (2 años)	3228.24	0.05	0.05		667.72	
Total del proyecto (19 años)	173068.02	0.25	0.47	1734.00	35341.83	51.00

Por otro lado, tenemos que, el uso de combustibles fósiles se dará en todas las etapas, iniciando con el diésel en las unidades de transporte, como el equipo y maquinaria pesada. Después en la etapa de operación además de estos, se utilizará gas licuado de petróleo para equipos fijos de combustión, como son las calderas y hornos. A continuación, para cada una de las etapas se determina en base al potencial energético de cada uno de los combustibles y considerando que en el caso del diésel se utiliza maquinaria pesada con una eficiencia energética del 25%, mientras que los equipos de combustión fijo se considera una eficiencia del 30%.

Tabla II. 65. Uso de la energía derivada del consumo de diésel por cada una de las etapas del proyecto.

Etapa	Consumo diésel			Potencial Energético Wh/l	potencial energético (kWh)		
	litros/año	años	total litros		Disponible	Utilizado	Disipado
Preparación del sitio y construcción	1663298	2	3326596	10.7	35594.58	8898.64	26695.93
Operación y Mantenimiento	2376140	15	35642100	10.7	381370.47	95342.62	286027.85
Cierre y abandono	475228	2	950456	10.7	10169.88	2542.47	7627.41

Tabla II. 66. Uso de la energía derivada del consumo de gas licuado de petróleo por cada una de las etapas del proyecto.

Etapa	Consumo gas L.P.			Potencial Energético Wh/l	Potencial energético (kWh)		
	litros/año	años	total litros		Disponible	Utilizado	Disipado
Preparación del sitio y construcción	0.00	2	0.00	7.08	0.00	0.00	0.00
Operación y Mantenimiento	172637.41	15	2589561.13	7.08	18334.09	5500.23	12833.86
Cierre y abandono	0.00	2	0.00	7.08	0.00	0.00	0.00

CAPÍTULO III

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

CONTENIDO

3. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 1
3.1. Ordenamientos Jurídicos (Leyes y Reglamentos en materia Ambiental). 5
3.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). 5
3.1.2. Leyes. 8
3.1.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 8
3.1.2.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). 18
3.1.2.3. Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 24
3.1.2.4. Ley de Aguas Nacionales (LAN) 29
3.1.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 33
3.1.2.6. Ley General de Cambio Climático (LGCC) 36
3.1.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) 40
3.1.2.8. Ley Minera 42
3.1.3. Reglamentos..... 44
3.1.3.1. Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. 44
3.1.3.2. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable..... 48
3.1.3.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR). 53
3.1.4. Tratados internacionales..... 55
3.1.4.1. Convenio de Basilea. 55
3.1.4.2. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 55
3.1.4.3. Comité Trilateral de Vida Silvestre. 58
3.1.4.4. Convenio sobre la Diversidad Biológica 60
3.2. Planes de ordenamiento ecológico del territorio..... 62
3.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 62

3.2.2. Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato. 70
3.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas. 88
3.3.1. Áreas Naturales Protegidas 88
3.3.2. Regiones Terrestres Prioritarias 90
3.3.3. Regiones Hidrológicas Prioritarias 92
3.3.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 94
3.4. Planes o programas de desarrollo urbano Municipales (PDU). 96
3.5. Normas Oficiales Mexicanas. 113
3.5.1. Fuentes móviles 114
3.5.2. Aire y ruido 115
3.5.3. Residuos y materiales peligrosos 116
3.5.4. Aguas residuales 118
3.5.5. Protección de la vida silvestre y biodiversidad 119
3.5.6. Residuos mineros 119
3.5.7. Impacto ambiental 120
3.6. Planes o programas de desarrollo. 151
3.6.1. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 151
3.6.2. Programa de Desarrollo Minero (PDM) 2013-2018 153
3.6.3. Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040. Construyendo el Futuro .. 154
3.6.4. Plan Municipal de Desarrollo 2015-2035 para Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato 161
3.7. Otros fundamentos legales. 162
3.7.1. Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. 162
3.7.2. Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato. 164
3.8. Conclusiones. 171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III. 4. Ubicación del proyecto con respecto a ANP 89
Figura III. 5. Ubicación del proyecto con respecto a las RTP 91
Figura III. 6. Ubicación del proyecto con respecto a las RHP 94
Figura III. 7. Ubicación del proyecto con respecto a las AICAS 95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III. 4. Estrategias de Restauración 81
Tabla III. 5. Criterios de regulación ecológica 84
Tabla II. 6. Características de la RTP Sierra de Santa Bárbara y Santa Rosa..... 90
Tabla III. 7. Estrategias aplicables a la UGAT GOL-078 en el PMDUOET..... 103

3. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

En este capítulo se demuestra la viabilidad del proyecto denominado **"CERRO DEL GALLO"** ajustándose a las disposiciones jurídicas ambientales que le son aplicables. Para ello, se vincula con cada uno de estos instrumentos, evidenciando mediante un análisis sustentado en información técnica – jurídica que se cumple con las citadas regulaciones.

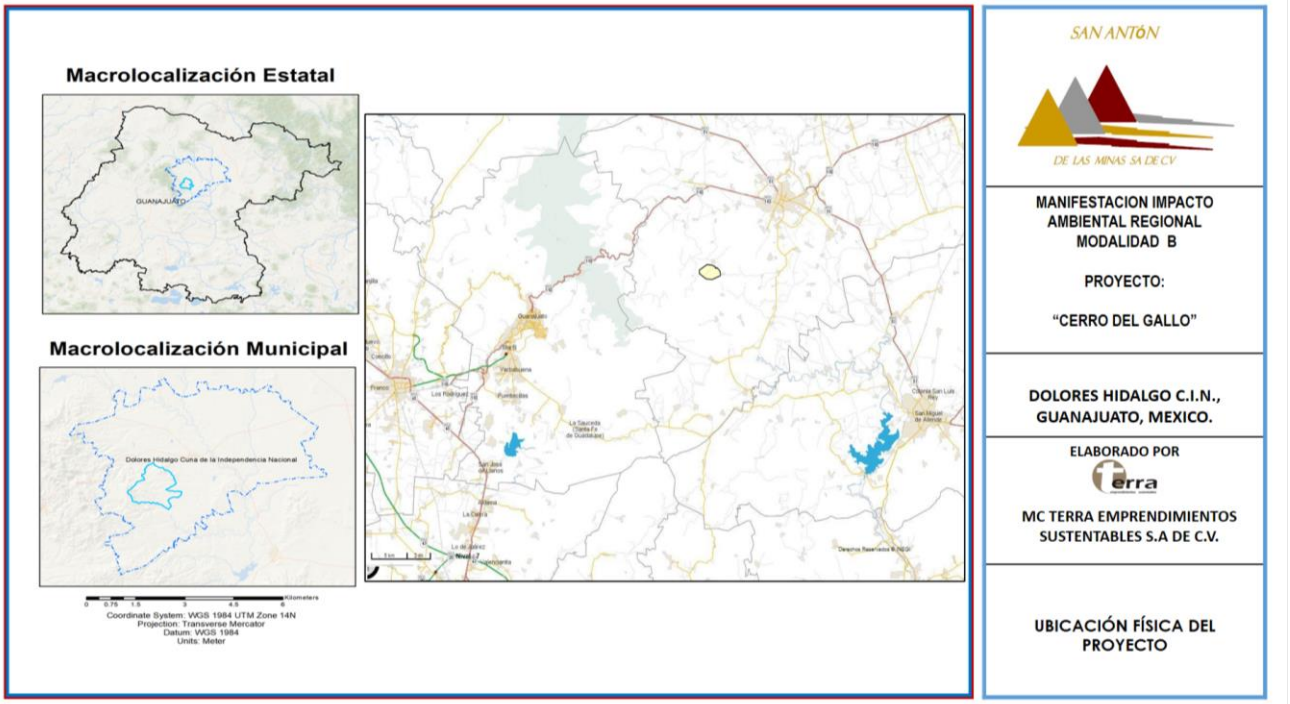
El proyecto minero comprende una vida útil de 19 años, de los cuales se durante los primeros catorce se llevaran a cabo actividades de preparación del sitio y construcción de los componentes; después de los dos primeros años y durante 15 años se llevarán a cabo actividades de operación y mantenimiento, y 2 años pos operación, desmantelamiento y abandono de las instalaciones, de lo que será la Unidad Minera, mediante la ejecución de los mantenimientos preventivos, correctivos correspondientes y con las innovaciones que la tecnología permita para mantener la vida útil proyectada para las etapas manifestadas. El proyecto cuenta con una capacidad de explotación de beneficio de 4.5 millones de toneladas por año (Mt/año).

Las operaciones mineras de explotación y extracción son del tipo tajo abierto, se alimentará a un proceso de beneficio a fin de recuperar los valores de Au y Ag contenidos en los minerales, además de valores de cobre que se presentan asociados a las especies minerales auroargentíferas procedentes de las zonas de diseminación.

El proceso de beneficio inicia con una etapa de trituración y aglomeración , posteriormente continúa el proceso de Lixiviación Estática por Riego en Montones (Heap Leaching), seguido por la extracción de iones interferentes de Cu en un proceso en serie tipo SART (Sulfidización, Acidificación, Reciclaje y Espesamiento) para seguir con el proceso ADR (Adsorción, Desadsorción y Recuperación) hasta la obtención de sulfuros de cobre (Cu_2S) en el proceso SART y barra metálicas de dore mediante etapas de electrolisis, fundición, refinación y vaciado como parte del proceso ADR.

De igual forma se llevarán a cabo programas de exploración que pudiesen resultar en aporte de nuevas reservas que incrementarían la vida útil, misma que dependerá de la cuantificación de estas y de la capacidad de beneficio. Las obras que comprende el proyecto "**CERRO DEL GALLO"** se ubicaran en el municipio de Dolores Hidalgo C.I.N en el Distrito Minero de San Antón de las Minas, pertenecientes a la Región Minera de Guanajuato-Sierra de León, con base a la clasificación del Servicio Geológico Mexicano (SGM), organismo descentralizado del Gobierno Federal; el predio de interés se ubica geográficamente en la porción centro-norte del estado de Guanajuato.

Figura III. 1. Ubicación del proyecto



Tomando como base la ubicación espacial y las características del proyecto descritas en el Capítulo II, se presenta a continuación un análisis del vínculo existente entre el proyecto y los diferentes instrumentos de planeación existentes en la zona. El objetivo central de este análisis es el de conocer los ordenamientos jurídicos a los que habrá

de apegarse el proyecto, así como asegurar que no exista interferencia con algún otro plan, programa o proyecto.

Así, en el presente capitulo, se analizará la vinculación del proyecto con los diferentes instrumentos jurídicos que le aplican, de acuerdo con lo que dispone el artículo 13 fracción III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

En este marco de actuación del proyecto, los ordenamientos que se consideran aplicables y vinculables en materia ambiental son los siguientes:

En materia de ordenamientos jurídicos nacionales:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Ley General de Vida Silvestre.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Ley General de Cambio Climático.
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
- Ley Minera.

Leyes estatales:

- Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.
- Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato.

Reglamentos:

- Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Tratados Internacionales:

- Convenio de Basilea
- Convenio sobre la Diversidad Biológica
- Comité Trilateral de Vida Silvestre.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica

Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
- Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato.

Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas:

- Áreas Naturales Protegidas
- Regiones Terrestres Prioritarias
- Regiones Hidrológicas Prioritarias
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Normas oficiales mexicanas:

- Fuentes móviles
- Aire y ruido
- Residuos y materiales peligrosos
- Aguas residuales
- Protección de la vida silvestre y biodiversidad
- Residuos mineros
- Impacto ambiental

Planes o programas de desarrollo:**¡Error! Marcador no definido.**

- Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024
- Programa de Desarrollo Minero (PDM) 2013-2018
- Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040. Construyendo el Futuro
- Plan Municipal de Desarrollo 2015-2035 para Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato

3.1. Ordenamientos Jurídicos (Leyes y Reglamentos en materia Ambiental).

3.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

La CPEUM es la norma suprema de los Estados Unidos Mexicanos sobre la cual no existe ningún otro ordenamiento legal que tenga vigencia, constituye el pilar jurídico nacional ya que conforme a ella se dicta el marco normativo vigente en el país, por ello, todas las leyes deben estar sujetas a las disposiciones que la propia Constitución establece. La supremacía constitucional es la base del estado de Derecho, en esta se encuentra el sostén del orden jurídico nacional. El derecho mexicano tiene su origen en la carta magna y por ello todas las leyes, ya sean Federales, Estatales o municipales deben respetar los preceptos de la Constitución, con lo que se hace patente su vigencia y la del propio sistema jurídico nacional.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece los derechos fundamentales de las personas, la organización del Estado y las garantías constitucionales con que cuentan los individuos para hacer efectivas las primeras. El “CERRO DEL GALLO”, se ajusta a las disposiciones constitucionales que pudieran incidir en su desarrollo, las cuales se señalan a continuación y que en el cuerpo de este capítulo se demuestra su cumplimiento.

El artículo 4º. y 5º de la CPEUM establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este

derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Vinculación entre el instrumento y el proyecto: Si bien la disposición señalada encuadra en una serie de obligaciones para el Estado mexicano, es importante señalar que el proyecto no contraviene el contenido del artículo 4 constitucional, en virtud de que con su realización no impide a ninguna persona el derecho fundamental al medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

Este Proyecto se convierte en un elemento más que garantiza este derecho, dentro del cual, a través de la presentación y autorización de esta MIA-R, incluidas las medidas de mitigación propuestas y los programas a aplicarse, contribuye a un medio ambiente sano, dónde además se promueva el desarrollo y bienestar para las personas, no sólo en el cuidado y protección del medio ambiente, sino en la generación de empleos y calidad de vida que coadyuve a un desarrollo integral.

Ejemplo fehaciente de este compromiso por parte de la San Antón de la Minas, S.A. de C.V., es la reorientación de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, la totalidad del complejo minero a través de la visión de integración ambiental, bajo un enfoque ecosistémico que permita sistematizar las líneas de acción a través de programas ambientales que atiendan los impactos acumulativos y residuales en la sinergia de los procesos actuales, obras y actividades futuras.

LIBERTAD DE TRABAJO (ARTÍCULO 5): En términos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, toda persona (física o moral) puede desarrollar el trabajo, actividad, industria y/o comercio que le acomode siempre que el mismo sea licito.

Vinculación: En este sentido, la actividad minera no se encuentra proscrita por la legislación aplicable, ya sea por el lugar de desarrollo o por los métodos empleados,

por lo cual, y en aras de salvaguardar la citada garantía individual no sólo de la promovente, sino de todas las personas que obtienen empleo de este giro minero de manera directa o indirecta, las autoridades deben de emitir una resolución en Materia de Ambiental y cambio de uso de suelo de terreno forestal en cumplimiento de un imperativo Constitucional.

El acatamiento irrestricto del papel rector del Estado para garantizar que el desarrollo nacional sea integral y sustentable (artículo 25).

Como se señaló en el inciso anterior, el proyecto se debe someter a la aplicación de los instrumentos y procedimientos creados por el Estado para regular el desarrollo de las actividades productivas.

De manera que a través de las distintas gestiones y trámites, que se pongan a consideración de las autoridades ambientales, la promovente propone las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales del proyecto; y el poder Ejecutivo Federal, por conducto de las autoridades correspondientes, determinarán para su ejecución las condiciones y disposiciones necesarias para que éste se realice en concordancia con las medidas de protección y conservación del medio ambiente y en el marco de los preceptos del desarrollo sustentable.

Asimismo, en apartados anteriores se ha mencionado la contribución que el proyecto tendrá y ha comenzado a manifestarse, en el desarrollo de la región y sus habitantes, impulsando el crecimiento regional integral en su área de influencia.

Se cumple igualmente con la normatividad establecida para garantizar el desarrollo integral y sustentable, al someterse a través de distintas gestiones y trámites.

ARTÍCULO 27: El sometimiento al dominio patrimonial del Estado Mexicano sobre el territorio y sus recursos naturales (artículo 27). De conformidad con los párrafos cuarto

y sexto del artículo 27 constitucional, los recursos minerales del subsuelo constituyen bienes del dominio directo de la nación, con carácter inalienable e imprescriptible, por lo que su explotación por parte de particulares sólo es posible mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal. Entre dichos recursos se encuentran el oro y la plata, que objeto del presente proyecto. Por lo tanto, se da cumplimiento a esta disposición constitucional en la medida en que la empresa cuenta ya, con los títulos de concesión correspondientes para la realización de dicha actividad.

Vinculación: De la misma forma, el párrafo quinto del artículo 27 constitucional señala que las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y aprovechadas por los dueños de los terrenos donde se ubiquen, pero que, si lo manda el interés público o pueden afectarse derechos de terceros, el Ejecutivo Federal puede reglamentar su extracción y aún establecer zonas de veda. El proyecto cuenta con concesiones y contratos para el aprovechamiento de aguas del subsuelo, para dar cumplimiento pleno a esta disposición constitucional.

3.1.2. Leyes.

3.1.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero de 1988 y es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Tiene por objeto, entre otros, propiciar el desarrollo sustentable y sentar las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su

desarrollo, salud y bienestar; así como definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.

Las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus Reglamentos en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, relativas a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, que son aplicables al proyecto, para las etapas de explotación y beneficio se refieren a:

- La evaluación del impacto ambiental,
- El manejo de residuos peligrosos.
- La contaminación del aire.
- La contaminación del agua.
- La contaminación del suelo.
- La protección de la flora y la fauna

ARTÍCULO 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;

VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas

Vinculación: La operación y construcción de las obras nuevas y actividades que pretende el proyecto minero “CERRO DEL GALLO” encuadra dentro de los numerales III y VII del artículo 28 de esta Ley, mismo que continuará con las actividades relacionadas con la explotación y el beneficio del mineral de oro y plata, como actividad de tracto sucesivo que requiere de autorización en materia de impacto ambiental, para lo cual se requiere de CUSTF, que integra la construcción de obras y actividades nuevas.

Así mismo, las actividades operativas son consideradas como explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, para nuestro caso en particular, las tres actividades, y que, por tanto, se ratifica el compromiso de **“CERRO DEL GALLO”** para cumplir con este artículo.

Lo dispuesto por la fracción VII de esta Ley aplica al promover el cambio de uso del suelo que presentan cubierta vegetal forestal.

ARTÍCULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Vinculación: El proyecto cumple esta disposición vinculante al presentar a consideración de la **DGIRA**, la presente MIA Modalidad B Regional, que contiene una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, y que se describen en el cuerpo de este documento.

ARTÍCULO 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, […]

Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, […].

Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.

Vinculación: En cumplimiento a este precepto legal se presenta la MIA Modalidad-B Regional que nos ocupa a fin de que esa autoridad pueda realizar la evaluación correspondiente.

ARTÍCULO 98.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:
I.- El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;

II.- El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva;

III.-Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos;

IV.- En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión,

deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural;

V.- En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, y

VI.- La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Vinculación: Las obras y actividades a llevar a cabo, y que requieren cambio de uso de suelo, se hacen en apego a los numerales de este artículo; para ello, es que se ha formulado y se presentará a evaluación a la autoridad correspondiente, la (la Manifestación de impacto Ambiental en su modalidad regional, dentro del cual, se identifican, valoran y demuestra, que las actividades a llevar a cabo no alterarán el equilibrio de los ecosistemas, mantendrá su integridad física y capacidad productiva y se evitarán las prácticas que favorezcan la erosión o degradación del recurso edáfico.

ARTÍCULO 111 BIS. Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría.

Vinculación: El proyecto en cuestión, durante la preparación del sitio, construcción y operación cumplirá con este ordenamiento.

ARTÍCULO 147. La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior.

Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del reglamento correspondiente, deberán de formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio, de Salud y del Trabajo y Prevención Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

Vinculación: en el anexo 07 se presenta el estudio de riesgo ambiental por el manejo de cianuro, por lo que, una vez se obtenga el resolutivo en materia de impacto y riesgo ambiental, la empresa presentará ante la Secretaría para su aprobación el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

Asimismo, la ley en distintos capítulos establece criterios ecológicos aplicables durante el desarrollo del proyecto, mismos que a continuación se indican:

ARTÍCULO 79.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:

I.- La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna;

II.- La continuidad de los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos;

III.- La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;

IV.- El combate al tráfico o apropiación ilegal de especies;

V.- El fomento y creación de las estaciones biológicas de rehabilitación y repoblamiento de especies de fauna silvestre;

VI.- La participación de las organizaciones sociales, públicas o privadas, y los demás interesados en la preservación de la biodiversidad;

VIII.- El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas;

ARTÍCULO 88.- Para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios:

I. Corresponde al Estado y a la sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico;

II.- El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos debe realizarse de manera que no se afecte su equilibrio ecológico;

III.- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos, y

IV.- La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.

ARTÍCULO 110.- Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

I. La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y

II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

ARTÍCULO 117.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;

II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;
IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y
V. La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

ARTÍCULO 134.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:
I. Corresponde al estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo;
II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;
III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes;
V.- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

En las distintas etapas se generarán residuos peligrosos. Sobre el particular tenemos que la LGEEPA por su parte, establece en el segundo párrafo de su artículo 150, que, para la clasificación, manejo y disposición de los residuos peligrosos, serán las normas oficiales y el reglamento de esta ley, donde se contendrán los criterios y listados que identifiquen y clasifiquen los materiales y residuos peligrosos, regulando esta materia en su capítulo VI (artículos 150 a 153).

En relación con el cumplimiento del artículo 150 de la LGEEPA, el transporte de los materiales y sustancias peligrosas se realizará atendiendo a las disposiciones del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, cuya aplicación compete a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Por lo que toca, a la responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos que se generen, señalada en el artículo 151 de la Ley. En el proyecto se manejarán interna y externamente y se le da disposición final de dichos residuos de acuerdo a las regulaciones aplicables.

Es importante señalar que la mayoría de las previsiones relacionadas con el manejo y disposición final de los residuos peligrosos actualmente se encuentran contempladas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 8 de octubre de 2003 y en su respectivo reglamento, mismos que se analizarán más adelante.

Vinculación: el proyecto manejará interna y externamente, observando los criterios y las disposiciones contenidas en la LGEEPA y la LGPGIR, elaborando e implementando los planes de manejo para residuos, peligrosos, mineros y de manejo especial.

Respecto de la contaminación del agua, el proyecto no presenta descargas de aguas del proceso de beneficio todas las soluciones se manejan en cincuitos cerrados, sin embargo, si se generarán aguas residuales de los servicios al personal, para ello, la LGEEPA señala que, para evitar la contaminación de las aguas, las descargas de aguas residuales están sujetas a regulación. Por ello, en el artículo 121 de la LGEEPA se establece que no pueden descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción

local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población. Cabe señalar que la obtención de dicho permiso está regulada por la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, ordenamientos que serán analizados más adelante.

De igual forma, esta Ley determina en el artículo 119 que SEMARNAT expedirá las normas oficiales mexicanas que se requieran para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales, conforme a lo dispuesto en esta Ley, en la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y las demás disposiciones que resulten aplicables.

El proyecto contará para su operación con las concesiones y permisos para el aprovechamiento de aguas nacionales y las descargas de aguas residuales a bienes nacionales, implementando en todo momento todas aquellas medidas y acciones para prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales.

En cuanto hace a la contaminación del suelo, el artículo 99 de la LGEEPA prevé que las actividades de explotación de sustancias minerales, como las que pretende realizarse en el proyecto, deberán considerar los criterios para el aprovechamiento sustentable del suelo, tales como incluir, en la realización de obras que puedan provocar el deterioro severo de los suelos, acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural. Para ello se apega a las disposiciones que sobre la materia determinan las normas oficiales mexicanas NOM-155-SEMARNAT-2007 y la NOM-157-SEMARNAT-2009, misma que se analizaran más adelante.

Respecto de la prevención y control de la contaminación del suelo, en aplicación a los criterios previstos por el artículo 134 de la LGEEPA, en el proyecto debe incluirse el manejo de los residuos peligrosos generados, en los términos determinados por la propia LGEEPA y la LGPGIR y las normas oficiales mexicanas NOM-155-SEMARNAT-2007 y la NOM-157-SEMARNAT-2009.

No obstante que la regulación de la flora y fauna silvestres se encuentra en la Ley General de Vida Silvestre, el artículo 79 de la LGEEPA señala algunos criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de la misma. Este ordenamiento también establece la facultad de la SEMARNAT para expedir normas oficiales mexicanas para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre y otros recursos biológicos, así como para el establecimiento de medidas de regulación o restricción, en forma total o parcial, a la exportación o importación de especímenes de la flora y fauna silvestres e impondrá las restricciones necesarias para la circulación o tránsito por el territorio nacional de especies de la flora y fauna silvestres procedentes del y destinadas al extranjero.

3.1.2.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) se publicó en el DOF el 05 de junio de 2018. Es reglamentaria del artículo 27 de la CPEUM y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir competencias en materia forestal, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

Artículo 2. Son objetivos generales de esta Ley:

I.- Conservar y restaurar el patrimonio natural y contribuir, al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales en las cuencas hidrográficas, con un enfoque ecosistémico en el marco de las disposiciones aplicables.

XI. Promover la prevención y el manejo integral de los agentes disruptivos que afecten a los ecosistemas forestales, mitigar sus efectos y restaurar los daños causados por estos;

Artículo 3. Son objetivos específicos de esta Ley:
II. Regular la protección, conservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y sus servicios ambientales; así como la zonificación, el manejo y la ordenación forestal;

XXVII. Promover acciones con fines de conservación y restauración de suelos;

Vinculación. - El Proyecto minero **"CERRO DEL GALLO"**, pretende afectar superficie con cubierta vegetal forestal. Si bien, el proyecto afectará recursos forestales, estos recursos no serán manejados comercialmente.

La presente MIA, propone realizar acciones, mismas que son vertidas en programas para la conservación y protección de la vida silvestre, y en particular de vegetación forestal presente en el sitio del proyecto.

En este sentido y dado que el proyecto **"CERRO DEL GALLO"** pretende contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país, es que se sujetará a la regulación en materia forestal, y para fines de conservación y restauración de suelos, particularmente en sitios que se observen degradados y con proyección de mejoras.

Asimismo, como parte de los programas a implementar, aplicarán algunas medidas que promuevan acciones con ello, se realizó la MIA Modalidad B Regional, mismo que integra medidas de protección, conservación y restauración de ecosistemas y recursos forestales, y atenderá la resolución que la autoridad resuelva.

Artículo 7. Para los efectos de esta ley se entenderá por:
VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales;

XXXVIII Bis. Otros terrenos forestales: Terrenos cubiertos de vegetación forestal que no reúnen las características para ser considerados terrenos forestales arbolados;

XLVII. Recursos forestales: La vegetación de los ecosistemas forestales, sus servicios, productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales;

XLVI. Recursos biológicos forestales: Comprende las especies y variedades de plantas, hongos y microorganismos de los ecosistemas forestales y su biodiversidad y en especial aquéllas para la investigación;

XLVIII. Recursos forestales maderables: Los constituidos por vegetación leñosa susceptibles de aprovechamiento o uso;

XLIX. Recursos forestales no maderables: La parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, y susceptibles de aprovechamiento o uso, incluyendo líquenes, musgos, hongos y resinas, así como los suelos de terrenos forestales y preferentemente forestales;

LXI. Servicios ambientales: Beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano;

LXX. Terreno diverso al forestal: Es el que no reúne las características y atributos biológicos definidos para los terrenos forestales;

LXXI. Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales;

LXXX. Vegetación forestal: Es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;

LXXXI. Vegetación secundaria nativa: Aquella vegetación forestal que surge de manera espontánea como proceso de sucesión o recuperación en zonas donde ha habido algún impacto natural o antropogénico;

Vinculación: Para llevar a cabo las obras y actividades planteadas en el Proyecto, para las obras, de **"CERRO DEL GALLO"** se requiere el CUSTF.

Conforme a las definiciones de la Ley, esta vegetación es considerada vegetación forestal, y por tal razón, se someterá a evaluación para el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

Así mismo, una vez que sea dictaminado el estudio, se atenderán los términos y condicionantes que se establezcan en éste.

Artículo 33. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter económico, los siguientes:
II. El desarrollo de infraestructura;

XIII. La valoración de los bienes y servicios ambientales;

XV. La realización de las obras o actividades públicas o privadas que por ellas mismas puedan provocar deterioro de los recursos forestales, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, restauración y restablecimiento de los mismos, y

Vinculación: En los diferentes capítulos de la presente MIA Modalidad B Regional se describen las medidas encaminadas a evitar, prevenir, reparar, compensar y minimizar los efectos del proyecto sobre los recursos forestales, así como como la injerencia sobre los diferentes servicios ambientales. De igual forma se han elaborado y se presentan subprogramas en materia ambiental que permitirán mantener vigilancia y control sobre las acciones que se realizarán sobre los recursos forestales, en las que destacan, para el caso específico las siguientes:

- Rescate de flora y fauna silvestre,
- Reforestación, y
- Conservación de suelos

Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.

Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Artículo 97. No se podrá otorgar autorización de cambio de uso del suelo en terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.

Vinculación: En su momento se someterá a la Secretaría a fin de que autorice el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, (CUSTF). En este se integra programas de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas; asimismo, se demostrará que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos fuera de los sitios de actividades del proyecto, así como el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; se proponen medidas para mitigar las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal y que los usos alternativos del suelo que se proponen son más productivos a largo plazo.

Asimismo, en el área donde se solicitará la autorización de cambio de uso de suelo no se ubica en el supuesto de terrenos incendiados sin que hayan pasado 20 años. En adición, dentro de este mismo capítulo se realiza un análisis del marco regulatorio en materia ambiental, mismos que demuestran que la MIA-R incluida los alcances del mismo se enmarcan dentro de la normatividad vigente.

Artículo 98. Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de

restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

Vinculación: La aplicación de este artículo y su cumplimiento se atenderán una vez que se haya tenido la resolución en la materia. Y conforme a los instrumentos normativos establecidos, se realizará el depósito respectivo ante el Fondo Forestal Mexicano por el monto que determine la Secretaría.

3.1.2.3. Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

Publicada en el DOF el 03 de julio del año 2000. Es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Regula lo relativo a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Los preceptos de este ordenamiento legal que se vinculan con el proyecto que nos ocupa son los siguientes:

Artículo 1. Su objeto es la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana, y en el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, quedará excluido de la aplicación de esta Ley y continuará sujeto a las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.

Vinculación: Este Proyecto no pretende realizar el aprovechamiento de ninguna especie ni recurso forestal. Sin embargo, durante la etapa de preparación del sitio y construcción se generarán impactos sobre la flora y fauna silvestre que implica el

cambio de uso de suelo, por lo cual, particularmente en las nuevas obras, queda obligado el cumplimiento de las disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre, mismas que se atienden y resuelven en el cuerpo de este documento.

Artículo 2. En todo lo no previsto por la presente Ley, se aplicarán las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.

Vinculación: En acatamiento a este artículo, en el cuerpo de este capítulo se retoma la normativa aplicable de dicha Ley, así como su cumplimiento a cada una de las disposiciones que se derivan de la misma.

Artículo 4o. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.

Vinculación: Las obras y actividades del proyecto que hoy se somete a evaluación, muestra que se conservará la vida silvestre y no se destruirá, dañará o perturbará en perjuicio de los intereses de la nación. Este proyecto cumplirá con las condicionantes emitidas por esta Autoridad, además de ejecutar los Programas propuestos para mitigar los impactos sobre la vida silvestre.

Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.

Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.

Vinculación: La naturaleza del proyecto, no considera realizar ningún tipo de aprovechamiento de flora y fauna silvestre definidos por la presente Ley, éste no tiene la finalidad de aprovechamiento. Para la ejecución del proyecto y la operación de las obras actuales:

No se realizará aprovechamiento de los recursos forestales;

No se sacará provecho del material removido, su remoción es necesaria para la construcción del proyecto y en ningún caso se considera su aprovechamiento.

La obra provocará afectaciones temporales a la fauna silvestre y se requerirá del desmonte de 168.02 has de vegetación forestal.

Artículo 31 Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.

Vinculación: Previo al desmonte y despalme, se implementará el programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, mismo que será llevado a cabo por un equipo de especialistas. Las técnicas de captura, manejo y liberación serán ejecutadas bajo la premisa de minimizar al máximo cualquier riesgo para los organismos rescatados y estarán descritas de manera detallada en el Subprograma citado y que se presenta a consideración de esta Autoridad para su validación.

Artículo 63. La conservación del hábitat natural de la vida silvestre es de interés público.

Los hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre son áreas específicas terrestres o acuáticas, en las que ocurren procesos biológicos, físicos y químicos esenciales, ya sea para la supervivencia de especies en categoría de riesgo, ya sea para una especie, o para una de sus poblaciones, y que por tanto requieren manejo y protección especial. Son áreas que regularmente son utilizadas para alimentación, depredación, forrajeo, descanso, crianza o reproducción, o rutas de migración.

La Secretaría podrá establecer, mediante acuerdo Secretarial, hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre, cuando se trate de:

Áreas específicas dentro de la superficie en la cual se distribuya una especie o población en riesgo al momento de ser listada, en las cuales se desarrollen procesos biológicos esenciales para su conservación.

Áreas específicas que debido a los procesos de deterioro han disminuido drásticamente su superficie, pero que aún albergan una significativa concentración de biodiversidad.

Áreas específicas en las que existe un ecosistema en riesgo de desaparecer, si siguen actuando los factores que lo han llevado a reducir su superficie histórica.

Áreas específicas en las que se desarrollen procesos biológicos esenciales, y existan especies sensibles a riesgos específicos, como cierto tipo de contaminación, ya sea física, química o acústica, o riesgo de colisiones con vehículos terrestres o acuáticos, que puedan llevar a afectar las poblaciones.

Vinculación: Los predios en los cuales se pretende llevar a cabo el desarrollo del proyecto **“CERRO DEL GALLO”**, forman parte de las regiones de importancia

ambiental de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), siguientes:

- Región Hidrológica Prioritaria Cabecera del Río de la Laja
- Región Terrestre Prioritaria (RTP) Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa,
- No se encuentra dentro de alguna Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA);
- No se ubica dentro de sitios prioritarios acuáticos y terrestres para la conservación de la biodiversidad.

Aun y cuando dichas regionalizaciones no tienen por objeto el normar o establecer restricciones sobre el uso del suelo, ya que no constituyen instrumentos de política ambiental en términos normativos; son herramientas básicas en conocimiento de la importancia de factores ambientales y procesos, que definen valores ecológicos a tomar en consideración en la planeación de obras y actividades a efecto de prevenir y tomar acciones que constituyan un aprovechamiento que no ponga en riesgo el capital biótico de una zona determinada; consideraciones que han sido tomadas en cuenta para el desarrollo de este proyecto y como más adelante se pondrá en evidencia en el análisis de las presentes regionalizaciones.

Ahora bien, por lo que hace al concepto de habitad crítico, en el sitio de pretendida ubicación del proyecto, no existen acuerdos secretariales publicados que establezcan la tipificación de la zona como Hábitat Critico.

Artículo 64. La Secretaría acordará con los propietarios o legítimos poseedores de predios en los que existan hábitats críticos, medidas especiales de manejo, mitigación de impactos y conservación.

Vinculación: De los estudios realizados y de la información específica disponible, se ha identificado que las obras y actividades del proyecto, incluyendo las actuales de tracto sucesivo, no se realizan dentro de hábitats críticos. Por lo que, el presente precepto jurídico no es aplicable al proyecto.

3.1.2.4. Ley de Aguas Nacionales (LAN)

La LAN es reglamentaria del Artículo 27 de la CPEUM en materia de aguas nacionales, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad.

En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 27 Constitucional y del artículo 18 de la Ley de Aguas Nacionales, la empresa cuenta con los contratos para uso y aprovechamiento de agua subterránea, otorgados por Comisión Nacional del Agua, los cuales soportaran el volumen total anual requerido para el proyecto en cualquiera de las etapas.

Asimismo, en los términos de los artículos 21 y 44 de la Ley de Aguas Nacionales, que establecen la obligación de contar con un permiso de descarga para la realización de esta actividad en cuerpos de agua nacional o infiltración al subsuelo de las aguas residuales. Aunque actualmente no se realizan y no se realizaran descargas de aguas residuales a bienes nacionales de las actividades industriales que se pretenden llevar a cabo, sin embargo, se generaran descargas de aguas grises de servicios al personal, para ello se contará con los servicios especializados de empresas autorizadas que dan mantenimiento a las fosas.

Para el proyecto en particular esta ley regula lo referente a la explotación, uso o aprovechamiento de aguas las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

En sus artículos 4°, 5° y 9° faculta a la Comisión Nacional del Agua para ejercer las atribuciones que le corresponden a la autoridad en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico.

Los preceptos de este ordenamiento legal que se vinculan con el proyecto que nos ocupa son los siguientes:

Artículo 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.

La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan.

Vinculación: Las obras y actividades que atienden a este artículo se refieren a la operación del Complejo **“CERRO DEL GALLO”.** Para llevar a cabo estas obras, incluyendo la operación de actividades de tracto sucesivo, La “CERRO DEL GALLO”**,** cuenta los títulos. En cuanto a las concesiones que se requiere para el aprovechamiento y uso del agua subterránea en el acuífero “**Cuenca Alta del Rio La Laja**”, la promovente **a la fecha de la preparación dela MIA Modalidad B Regional**

que nos ocupa, ya ha adquirido **1.4 Mm^3**, provenientes de concesiones adquiridos de agua subterránea que se presentan en la siguiente tabla III.1.

Tabla III. 1. Títulos de concesión para el aprovechamiento de aguas subterráneas

TÍTULO	m^3 AMPARADOS	CONSECIONARIO
08GUA154831/12FMDL14	130,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA154832/12FMDL14	130,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA154833/12FMDL14	140,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA123064/12FMDL16	300,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155423/12FMDL16	200,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA110394/12FMDL16	140,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155418/12FMDL16	250,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.
08GUA155432/12FMDL16	150,000.00	San Antón de las Minas S.A. de C.V.

ARTÍCULO 25. Una vez otorgado el título de concesión o asignación, el concesionario o asignatario tendrá el derecho de explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales durante el término de la concesión o asignación, conforme a lo dispuesto en esta Ley y sus reglamentos.

Vinculación: En este sentido, la **"CERRO DEL GALLO"** se encuentra al corriente y en cumplimiento, aprovechando las aguas que se tienen concesionadas y con los títulos vigentes.

ARTÍCULO 82. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales en actividades industriales, de acuacultura, turismo y otras actividades productivas, se podrá realizar por personas físicas o morales previa la concesión respectiva otorgada por "la Autoridad del Agua", en los términos de la presente Ley y sus reglamentos

Vinculación: Este artículo se cumple, reiterando que ya ha adquirido **1.4 Mm^3**, provenientes de concesiones adquiridos de agua subterránea que se presentan en la tabla III.1.

Artículo 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia

ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.

Vinculación: Las descargas que prevé el Proyecto, cabe aclarar que el proyecto no descargará aguas del proceso productivo toda vez que todas las soluciones que se utilizan en dichos proceso se utilizan en circuito cerrado, sin embargo se ,prevé se generen aguas residuales de los servicios al personal, para ello se tramitará y cumplirá con los términos de los permisos de descarga para aquellas aguas que confluyen a un bien nacional, mismas que cumplirán con las condiciones particulares de descarga que ahí se solicitan.

Artículo 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

Vinculación: Para la explotación y beneficio, se continuará e implementará el programa de monitoreo de calidad del agua, mismo que integra, tanto monitoreo de las aguas superficiales, como de las aguas subterráneas, de tal forma, que se evite la contaminación de los cuerpos de agua. Este programa, se integra al Programa de Vigilancia Ambiental aquí propuesto, y que se somete a evaluación y autorización por parte de esta Autoridad.

3.1.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se publicó el 8 de octubre de 2003 en el Diario Oficial de la Federación, es reglamentaria de las disposiciones constitucionales relativas a la protección del ambiente en materia de gestión de residuos y tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a gozar de un medio ambiente adecuado; como propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, los residuos sólidos urbanos y los de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios y realizar su remediación. Este ordenamiento se complementa con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicado el 30 de noviembre de 2006 abrogó el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos, que había regido desde noviembre de 1988.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; así como establecer las bases para determinar, entre otros aspectos, los criterios que deberán de ser considerados en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana y establecer los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 2.- En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integra de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición

de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios:

I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo bienestar;

II. Sujetar las actividades relacionadas con orden e interés público para el logro del desarrollo nacional sustentable;

III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas;

IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños;

V. La valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas;

X. La realización inmediata de acciones de remediación de los sitios contaminados, para prevenir o reducir los riesgos inminentes a la salud y al ambiente;

XI. La producción limpia como medio para alcanzar el desarrollo sustentable, y

XII. La valorización, la responsabilidad compartida y el manejo integral de residuos, aplicados bajo condiciones de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos. En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán, en lo conducente, las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con la materia que regula este ordenamiento.

Artículo 17. Los residuos de la industria minera-metalúrgica provenientes del minado y tratamiento de minerales tales como jales, residuos de los patios de lixiviación abandonados, así como los metalúrgicos provenientes de los procesos de fundición, refinación y transformación de metales, que se definirán en forma genérica en el reglamento según lo estipulado en el artículo 7 fracción III de esta Ley, son de regulación y competencia federal. Podrán disponerse finalmente en el sitio de su generación; su peligrosidad y manejo integral, se determinará conforme a las normas oficiales mexicanas aplicables, y estarán sujetos a los planes de manejo previstos en esta Ley. Se exceptúan de esta clasificación los referidos en el artículo 19, fracción I de este ordenamiento.

Artículo 20.- La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría

Vinculación: El desarrollo de la MIA ha identificado los residuos que pueden generarse durante las distintas etapas del proyecto, así como su posible impacto al ambiente por una mala disposición y manejo. Para lo cual, y con el fin de prevenir y minimizar las afectaciones al ambiente, se han propuesto una serie de medidas preventivas que ayudarán con la prevención, entre ellas, se enlista la colocación de contendores en las áreas de trabajo, la prohibición de depositar residuos o materiales peligrosos sobre suelo natural, la implementación de almacenes temporales, entre otros.

Cabe hacer mención, que particularmente los residuos mineros identificados dentro del Complejo son:

Residuos provenientes del minado:

- Tepetate generado en las actividades de descapote y profundización del tajo.

- Residuos del beneficio de minerales.
- Mineral gastado del sistema de lixiviación en montones.
- Residuos del proceso hidrometalúrgico.
- Carbón activado gastado.
- Yeso.

Residuos de etapas donde se presentan procesos pirometalúrgicos:

- Escorias vitrificadas.
- Ladrillo refractario.

Estos residuos, se encontrarán integrados dentro de un plan de manejo específico, y se manejan conforme a éste, incluyendo los sistemas de monitoreo.

Todas las medidas integradas en los planes de manejo, se integran y adhieren a este documento como un **Programa de Vigilancia Ambiental,** bajo la aplicación de un programa de manejo integral de residuos con medidas actuales, donde se garantice un adecuado manejo integral de los residuos.

3.1.2.6. Ley General de Cambio Climático (LGCC)

La Ley General de Cambio Climático se publicó en el DOF el 6 de junio de 2012, establece en su artículo 2, fracción VII el objetivo siguiente: Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. De la lectura se desprende que una de las maneras para transitar hacia una economía que cumpla con estos requisitos, es el desarrollo de Proyectos de Energía Renovable como el que somete a evaluación.

Bajo ese tenor a continuación se realiza la vinculación del proyecto con las principales disposiciones de la LGCC.

Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se

observarán los principios de:

I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;

II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;

IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;

V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono;

VI. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;

XIII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales.

Vinculación: Si bien, la formulación de la política nacional de cambio climático es competencia de la Federación, el artículo 26 establece en su fracción II un principio de corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático.

La revisión y evaluación de este estudio se corroborará que el proyecto minero **“CERRO DEL GALLO”**, propone en todo momento medidas para reducir los efectos que en un proyecto de esta naturaleza genera sobre los factores ambientales que integran los ecosistemas, así como en los procesos ecológicos que definen la

integridad funcional de los mismos, sin que ello implique la generación de desequilibrios ecológicos graves o daños a la salud pública.

Se desarrollan y aplicarán un programa de monitoreo y vigilancia ambiental, encaminados a la supervisión de los aspectos e impactos ambientales del proyecto, de forma que se continúen valorando e identificar los cambios que puedan ser significativos durante sus diferentes etapas.

Artículo 27. La política nacional de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, tendrá como objetivos:

I. Reducir la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático;

II. Fortalecer la resiliencia y resistencia de los sistemas naturales y humanos;

III. Minimizar riesgos y daños, considerando los escenarios actuales y futuros del cambio climático;

IV. Identificar la vulnerabilidad y capacidad de adaptación y transformación de los sistemas ecológicos, físicos y sociales y aprovechar oportunidades generadas por nuevas condiciones climáticas;

Artículo 28. La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos:

I. Gestión integral del riesgo;

II. Recursos hídricos

IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;

V. Energía, industria y servicios;

Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación:

III. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos;

IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación;

V. La construcción y mantenimiento de infraestructura

Vinculación: Como se desarrolla en el cuerpo de este documento y los estudios realizados, el proyecto “CERRO DEL GALLO” implementa medidas para prevenir y mitigar impactos ambientales.

Estas medidas se adaptan a la política nacional, a la adaptación de acciones que los tres órganos de gobierno pueden implementar, contribuyendo en particular a:

- El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos;

- La construcción y mantenimiento de infraestructura, maquinaria y equipo.

Se desarrollarán y aplicarán una serie de programas ambientales, encaminados a la supervisión de los aspectos e impactos ambientales del proyecto, de forma que se

continúen valorando e identificar los cambios que puedan ser significativos durante sus diferentes etapas. Estos programas se refieren a:

1. Programa de Vigilancia Ambiental

2. Programa de Control de Emisiones y Ruido.

3. Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial y Subterránea.

4. Programa de Manejo de Flora y Fauna.

5. Programa de Conservación y Retención de Suelos.

6. Reglamento Interno de Protección de Flora y Fauna.

7. Plan de manejo de residuos.

8. Programa de Prevención y Atención a Derrames.

9. Programa de Reforestación.

10. Programa de Cierre y Abandono de las Actividades Mineras.

11. Plan de acciones de educación y capacitación ambiental.

3.1.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA)

Esta ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación del 7 de junio de 2013 y regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos

administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

Bajo este objetivo y precepto, el presente proyecto se ajusta a las obligaciones que emanan del artículo de esta Ley enfocado a la protección y preservación del medio ambiente y las personas.

Artículo 6o.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:

I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,

II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.

Vinculación: Dentro de este Estudio, y en particular, en el presente análisis, se expresan, identifican, delimitan en su alcance y se evalúan los posibles impactos ambientales por el desarrollo del proyecto, tanto en sus actividades operativas como en los proyectos nuevos; y de igual forma, se proponen medidas de prevención y mitigación respecto a éstos, de forma puntual y particular.

Cabe señalar, que la elaboración de la presente MIA, la identificación de impactos y medidas de mitigación fueron elaborados por expertos en las materias de geohidrología, flora, fauna, riesgo, edafología y procesos, llevando a cabo trabajos de campo y de investigación, de forma que condujeran a un estudio particular y específico, y proponiendo medidas *ad doc,* incluyendo el uso y análisis de la información actualmente disponible

3.1.2.8. Ley Minera

La Ley Minera, reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de minería, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992 y de manera específica contiene las regulaciones para el desarrollo de las actividades de exploración, explotación y beneficio de diversos minerales, entre los cuales se encuentran la plata.

Asimismo, establece el procedimiento para la obtención de una concesión que permita el aprovechamiento de los recursos reservados a la federación y las obligaciones que derivan de la obtención de dichas concesiones. Para ello, los artículos 19 y 27 de la Ley Minera prevé, entre otras cosas como derechos obligaciones:

a) Realizar las obras y trabajos, sean de exploración o explotación, dentro de los lotes mineros que son amparados por la concesión.

b) Disponer de los productos minerales que se obtengan en los lotes mineros, con motivo de las obras y trabajos que se desarrollen durante la vigencia de la concesión.

c) Disponer de los terreros que se encuentren dentro de la superficie que ampara la concesión.

d) Obtener la expropiación, ocupación temporal o constitución de los terrenos indispensables para realizar las obras y trabajos de exploración, explotación, beneficio y el depósito de terreros, jales, escorias y graseros.

e) Aprovechar las aguas provenientes del laboreo de las minas para la exploración o explotación y beneficio de los minerales, así como su uso doméstico por el personal de las unidades mineras.

f) Obtener preferentemente la concesión sobre las aguas de las minas para cualquier uso diferente a los anteriores.

g) Ejecutar y comprobar las obras y trabajos previstos.

h) Pagar los derechos sobre minería que establece la Ley.

i) Sujetarse a las disposiciones generales y a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la industria minero-metalúrgica en materia de seguridad de minas y del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Vinculación: Todas estas obligaciones deben cumplirse por el presente proyecto, contando con los derechos de los títulos de concesión expedidos por la autoridad competente, pagar los derechos correspondientes y durante el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto atender todas la regulación y las disposiciones de la legislación, reglamentación y normatividad en materia ambiental aplicable al sector.

3.1.3. Reglamentos.

3.1.3.1. Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Publicado en el DOF el 30 de mayo del 2000, tiene por objeto reglamentar a la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal y establece las obras o actividades que requieren autorización en esta materia. En tal sentido, el Proyecto se vincula con el REIA de la siguiente manera.

ARTÍCULO 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

L) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación:

I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;

II. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.

O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas:

I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial

de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables

Vinculación: El proyecto consiste en actividades mineras y de beneficio de Plata y Oro mediante el proceso de Lixiviación Estática en Patios, por Riego en Montones (Heap Leaching) conformado sus actividades operativas por varias secciones.

La empresa San Antón de las Minas S.A. de C.V. propietaria del **"CERRO DEL GALLO"**, mediante la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad B regional con actividad altamente riesgosa" somete las obras y actividades que pretenden realizarse en el proyecto, al procedimiento de evaluación del impacto ambiental; para, en su caso, obtener las autorizaciones inherentes a las materias de impacto y riesgo ambiental; así como para el cambio de uso del suelo en áreas forestales.

Derivado de ello, y bajo las obligaciones citadas en este ordenamiento, se han realizado los estudios correspondientes en materia ambiental para dar cumplimiento y obtener las autorizaciones respectivas en impacto ambiental (IA) y riesgo ambiental (ERA), en su momento se elaborará y presentará estudio Técnico Justificativo para obtener la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF).

Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.

La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

Vinculación: En cumplimiento de esta disposición, se presenta MIA Modalidad B Regional para el proyecto denominado **"CERRO DEL GALLO".**

Este documento integra información y estudios ambientales específicos, realizados en los sitios dónde se desarrolla, mismos que han permitido describir de manera particular las circunstancias ambientales relevantes y vinculadas con la construcción, operación y fase de abandono del proyecto, incluyendo las áreas ya existentes, los nuevos componentes, así como las actividades de tracto sucesivo. Por lo que, mediante la presente se identifican los posibles impactos ambientales a generarse, así como las medidas propuestas para la prevención, mitigación y compensación de éstos, y en el cual se procura el menor impacto a los elementos naturales.

Artículo 13. La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;

II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;

III. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;

IV. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;

V. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y

VI. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que

sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.

Vinculación: El presente documento stá conformado por capítulos, mismos que llevan el nombre de los numerales que enlista este artículo, y contienen la información, estudios y análisis que soportan los resultados vertidos.

Dentro de cada capítulo, se vierte la experiencia de cada especialista que ha intervenido, desarrollando un diagnóstico preciso para el Proyecto minero **"CERRO DEL GALLO"** y proponiendo medidas *ad doc* que contribuyan a un desarrollo armónico.

Artículo 17.- El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando:

…

Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo

Vinculación: Como actividad altamente riesgosa en la "CERRO DEL GALLO", se agrega en el anexo 07 el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) modalidad Estudio de Riesgo, mismo que es requerido cuando se manejan cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer y/o Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992 respectivamente.

Artículo 44.- Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:

I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o

afectación;

II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y en su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente".

Vinculación: En la elaboración de esta MIA Modalidad B Regional se presenta un análisis de los posibles efectos al ambiente que las obras y actividades pudieran generar; este análisis refiere no solo a los elementos y recursos naturales sobre los cuales se llevarán a cabo, sino en el contexto de un sistema ambiental regional en dónde puede tener efectos los impactos ambientales acumulativos y residuales.

3.1.3.2. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Publicado en el DOF el 21 de febrero de 2005. Tiene por objeto reglamentar la LGDFS en el ámbito de la competencia federal en materia de instrumentos de política forestal, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país y de sus recursos, así como su conservación, protección y restauración.

Establece, entre otros aspectos, el procedimiento para solicitar autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, así como el contenido que deberán tener los estudios técnicos justificativos que se elaboren para tal efecto.
Los preceptos de este ordenamiento legal que se vinculan con el proyecto que nos ocupa son los siguientes:

Artículo 3. Los informes, avisos y solicitudes a los que hacen referencia la Ley y este Reglamento, podrán presentarse por escrito o por medio electrónico. La Secretaría y la Comisión darán a conocer las direcciones físicas y electrónicas en donde se podrán

presentar estos documentos. La presentación de informes y solicitudes deberán acompañarse del comprobante de pago de derechos respectivo, de conformidad con las disposiciones aplicables

Vinculación: Para su revisión y en su caso, aprobación; el estudio para solicitud de CUSTF se presentará estudio técnico justificativo correspondiente.

Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:

I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;

II. Lugar y fecha;

IV. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y

V. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar.

Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.

Vinculación: El estudio técnico justificativo que se elaborará para solicitar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales integrará los requerimientos listados en este artículo, así como la documentación legal que acredita la personalidad jurídica, títulos de propiedad y registros del perito forestal.

Artículo 121. Los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

I. Usos que se pretendan dar al terreno;

II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos georreferenciado;

III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;

IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;

V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;

VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;

VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles

VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;

Vinculación: El estudio técnico justificativo que se presentará para CUSTF cumplirá con el contenido temático que marca el artículo 121 de este Reglamento, mismo en el que se vierte la información, estudios, pruebas y evaluaciones realizadas para concluir la factibilidad de cambio de uso, sin que éste llegue a poner en riesgo los servicios ambientales de sitio, así como la justificación técnica, económica y social que ha motivado al presente proyecto.

Artículo 123. La Secretaría otorgará la autorización de cambio de uso del suelo en terreno forestal, una vez que el interesado haya realizado el depósito a que se refiere el artículo 118 de la Ley, por el monto económico de la compensación ambiental determinado de conformidad con lo establecido en el artículo 124 del presente Reglamento.

El trámite será desechado en caso de que el interesado no acredite el depósito a que se refiere el párrafo anterior dentro de los treinta días hábiles siguientes a que surta efectos la notificación.

Una vez acreditado el depósito, la Secretaría expedirá la autorización correspondiente dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que la Secretaría otorgue la autorización, ésta se entenderá concedida.

Vinculación: Una vez que la Autoridad determine el monto económico por compensación ambiental, esta promovente realizará el depósito al que se refiere este artículo, dentro de los primeros treinta días después de haber recibido notificación de la Secretaría.

Este depósito se realizará al Fondo Forestal Mexicano, y atento en tiempo, para evitar que nuestro trámite sea desechado por falta de este depósito.

Artículo 123 Bis. Para efectos de lo dispuesto en el párrafo cuarto del artículo 117 de la Ley, la Secretaría incluirá en su resolución de autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, un programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, mismo que estará obligado a cumplir el titular de la autorización.

La Secretaría deberá de integrar el programa, con base en la información sobre las medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, referidos en la fracción VIII del artículo 121 de este Reglamento.

Con base en la información proporcionada por el interesado en el estudio técnico justificativo, el programa deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.

Vinculación: En el cuerpo de la MIA Modalidad B Regional, para el presente proyecto, se presenta el programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestres.

Estos programas cumplen con lo referido en este artículo y se aplicará a las especies que el perito forestal haya determinado, toda vez que, dentro del SAR y el área del proyecto dónde se llevará a cabo el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Toda vez que se reciba la resolución por parte de la Autoridad ambiental para realizar el cambio de uso de suelo, este subprograma dará inicio conforme al calendario y objetivos propuestos y autorizados

3.1.3.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR).

Publicado en el DOF el 30 de noviembre de 2006. Tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Los preceptos del Reglamento que se vinculan con el proyecto que nos ocupa son los siguientes:

ARTÍCULO 16.- Los planes de manejo para residuos se podrán establecer en una o más de las siguientes modalidades:

I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser:

a) Privados, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación en implementación de un plan de manejo de residuos; […]

II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución podrán ser:

a) Individuales, aquellos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere […]

Vinculación: Para la gestión integral de los residuos peligrosos, mineros, de manejo especial y sólidos urbanos, **“CERRO DEL GALLO”** se elaborarán los Planes y Programas de Manejo correspondientes.

ARTÍCULO 24. Las personas que conforme a lo dispuesto en la Ley deban registrar ante la Secretaría los planes de manejo de residuos peligrosos se sujetarán al procedimiento descrito en este artículo.

Vinculación: El Proyecto elaborará y registrará el plan de manejo para los residuos que genere conforme a esta disposición

ARTÍCULO 42. Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son:

I. Gran generador: el que realiza una actividad que genere una cantidad igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;

Vinculación: Con base en el estimado de residuos peligrosos que se generarán al año.

Artículo 82.- Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones de esta disposición, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular […]

Vinculación: "CERRO DEL GALLO" contará con un área de almacenamiento temporal de conformidad con las condiciones establecidas en este artículo y por las normas oficiales mexicanas para el almacenamiento de residuos peligrosos.

ARTÍCULO 91.- La disposición final de residuos peligrosos puede realizarse en:

I. Confinamiento controlado, y

II. Confinamiento en formaciones geológicamente estables.

Vinculación: "CERRO DEL GALLO" se asegurará de que el tercero que contrate para realizar el manejo externo y disposición final de los residuos esté autorizado por la Secretaría y se haga responsable de su parte en el proceso.

3.1.4. Tratados internacionales.

3.1.4.1. Convenio de Basilea.

El Convenio de Basilea (CB) tiene como objeto reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y su movimiento transfronterizo y fue ratificado por los Estados Unidos Mexicanos el 22 de febrero de 1991.

Vinculación: Los residuos peligrosos que se generen durante las distintas etapas serán manejados conforme a las disposiciones nacionales aplicables en la materia y no se pretende realizar movimientos transfronterizos de los mismos, por lo que no hay disposiciones que observar por parte de este Tratado Internacional.

3.1.4.2. Convenio sobre la Diversidad Biológica.

En 1992 se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, también conocida como la "Cumbre de la Tierra". Dicha reunión generó tres logros significativos en materia de protección ambiental: la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), la Convención de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), siendo este último el primer acuerdo mundial enfocado en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, entrando en vigor el 29 de diciembre de 1993, y contando hasta el año 2016 con 196 partes.

El CDB de conformidad con su artículo 1, tiene tres objetivos principales:

- La conservación de la biodiversidad.
- El uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica
- La participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.

Vinculación: Todo ello mediante un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.

El Artículo 3 tiene como Principio, que de conformidad con la Carta de la las Naciones Unidas y con los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental y la obligación de asegurar que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional.

Para ello, México tiene instrumentadas leyes, reglamentos y normas que permiten el desarrollo armonioso para asegurar que las actividades que se llevan dentro de su territorio prevengan y no perjudiquen el medio ambiente de otros países, cumpliendo con ello el principio del CDB.

El Artículo 6 (Medidas generales a los efectos de la conservación y la utilización sostenible) del CDB establece:

“Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares:

a) Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y

b) Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.”

Por lo tanto, es una obligación de las Partes elaborar estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica que sean congruentes con los objetivos del Convenio.

Nuestro país ha cumplido con esta disposición, ya que, a través de la CONABIO, junto con otros sectores sociales, desarrolló la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México. Asimismo, el proyecto integrará en su desarrollo las políticas de desarrollo sustentable, incluyendo las metas del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, que incluye las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica.
Asimismo, el artículo 14 del citado Convenio señala que:

"Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda:

a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos."

De conformidad con lo previsto en el artículo referido, la LGEEPA prevé la Evaluación de Impacto Ambiental como uno de los instrumentos de política ambiental más relevantes en México.

Vinculación: Por ello, mediante la elaboración y presentación de la MIA Modalidad-B Regional, el "**CERRO DEL GALLO"** se ajusta a las disposiciones del marco normativo interior como a la exigencia del CDB al someter los impactos generados al correspondiente procedimiento, a fin de que la autoridad ambiental emita la resolución que en Derecho corresponda, y en su caso, autorice el proyecto con las condiciones necesarias para la protección de la biodiversidad en la zona de pretendida ubicación del proyecto, siendo importante reiterar que, en el presente documento, se incorpora

un capítulo dónde se establecen una serie de medidas de prevención y mitigación por los impactos ambientales que se puedan generar por el desarrollo de las obras y actividades, los cuales se encuentran integrados dentro del Programa de Vigilancia Ambiental y son los siguientes:

1. Programa de Control de Emisiones y Ruido.
2. Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial y Subterránea.
3. Programa de Manejo de Flora y Fauna.
4. Programa de Conservación y Retención de Suelos.
5. Reglamento Interno de Protección de Flora y Fauna.
6. Plan de manejo de residuos.
7. Programa de Prevención y Atención a Derrames.
8. Programa de Reforestación.
9. Programa de Cierre y Abandono de las Actividades Mineras.
10. Plan de acciones de educación y capacitación ambiental.

3.1.4.3. Comité Trilateral de Vida Silvestre.

En 1996, se firmó, en la Ciudad de Oaxaca, un Memorándum de entendimiento para establecer el “Comité Trilateral para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre y los Ecosistemas”. Este comité se compone de agencias de vida silvestre y otras instituciones. En México, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS- SEMARNAT); de Canadá, el Servicio de Vida Silvestre de Canadá (CWS), y de los Estados Unidos, el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (USFWS).

Este Comité tiene la meta de facilitar los programas y proyectos para la conservación y manejo de la diversidad biológica y ecosistemas de interés mutuo, siendo un mecanismo efectivo y eficiente para atender la conservación y manejo de recursos naturales a escala continental.

El objetivo general de este Comité trilateral es Promover y facilitar la coordinación y cooperación regional entre los gobiernos de América del Norte, a través de programas y proyectos orientados al manejo y conservación de la vida silvestre, la biodiversidad y los ecosistemas.

Las metas u objetivos particulares de este Comité están orientadas a:

- Proporcionar una perspectiva continental integral sobre el manejo, la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos.
- Contribuir a conservar la integridad ecológica de las ecorregiones de América del Norte.
- Promover la creación de capacidad y cooperación de actividades intersectoriales entre los tres países para la conservación de la biodiversidad que contribuirán a la reducción y mitigación de las amenazas sobre especies y ecosistemas compartidos de América del Norte.

El Comité Trilateral cuenta con seis mesas de trabajo activas:

1. Mesa Ejecutiva
2. Aplicación de la Ley
3. Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)
4. Aves Migratorias
5. Conservación de Ecosistemas
6. Especies Compartidas de Interés Común de Conservación.
7. En particular, el de aves migratorias se enfoca *"en el desarrollo e implementación de programas de monitoreo de las especies migratorias, y el manejo de los datos, mediante protocolos y formatos estandarizados*", con ello, se pretende promover intercambios de información, tecnología y mejores prácticas; y promover entrenamiento para la conservación de aves migratorias; y el de especies compartidas de interés común de conservación en *"especies seleccionadas por su importancia para mantener ecosistemas sanos o rutas migratorias a nivel bilateral*

o trilateral. Se discuten programas de conservación y manejo, los factores que representan una amenaza y posibles soluciones a los mismos". Otras actividades de esta mesa incluyen aquellas en apoyo a la conservación y manejo de otras especies importantes, las cuales incluyen las siguientes: tortuga laúd; jaguar; hurón de patas negras; varias especies de murciélagos; tortuga lora; rana leopardo; mariposa monarca; cactos; paloma de ala blanca; ballena gris; codorniz de mascarita; ocelote; tecolote zancón; tortuga caguama; tortuga de carey; águila dorada; águila calva; ballena jorobada; pardela pata rosada; chorlito chiflador; palmoteador de yuma; y otras.

Vinculación: Por lo anterior, y como fue se ha venido mencionado, mediante la elaboración y presentación este estudio, el "CERRO DEL GALLO", considera los objetivos y metas de este Comité, en específico en relación a las aves migratorias y especies compartidas de interés común de conservación (aún y cuando no se encuentra dentro de alguna AICA pero si dentro de una RTP y RHP), implementando una serie de medidas de prevención y mitigación por los impactos ambientales que el proyecto pueda generar en el desarrollo de las obras y actividades, entre los que se puede encontrar:

- Rescate y Reubicación de Fauna silvestre.
- Monitoreo de calidad del aire.
- Monitoreo de Ruido.

3.1.4.4. Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para la Protección de las Aves Migratorias y Mamíferos de Interés Cinegético se firmó en febrero de 1936 y tiene como propósito el implementar medidas conjuntas que permitan la protección y aprovechamiento racional de las aves migratorias durante el desarrollo de actividades cinegéticas y la obtención de alimento, productos y subproductos para el comercio y la industria.

En este Convenio, “Las Altas Partes Contratantes declaran que es justo y conveniente proteger las aves llamadas migratorias, cualquiera que sea su origen, que en sus viajes habiten temporalmente en los Estados Unidos Mexicanos y en los Estados Unidos de Norteamérica, por medio de procedimientos adecuados, hasta donde las Altas Partes Contratantes determinen, que permiten utilizar dichas aves racionalmente, con fines deportistas, de alimentación, de comercio y de industria, a fin de que sus especies no se extingan.” (Artículo I).

En este convenio, las partes se comprometen a: (Artículo II)

A. La fijación de vedas, que prohíban en determinada época del año la captura de las aves migratorias y sus nidos y huevos, así como que se pongan en circulación o venta vivas o muertas, sus productos y despojos, excepción hecha de cuando procedan de reservas o criaderos particulares y cuando se utilicen con fines científicos, de propagación y para museos, con la autorización correspondiente.
B. La determinación de zonas de refugio en las que estará prohibida la captura de dichas aves.
C. La limitación a cuatro meses como máximo en cada año el ejercicio de la caza, mediante permiso de las autoridades respectivas en cada caso.
D. La veda para patos del diez de marzo al primero de septiembre.
E. La prohibición de matar aves migratorias insectívoras, con excepción de los casos en que perjudiquen la agricultura y constituyan plagas, así como también cuando procedan de reservas o criaderos; entendiéndose que dichas aves podrán capturarse y utilizarse vivas conforme a las leyes respectivas de cada país contratante.

Vinculación: Así mismo, en su artículo IV, incluyendo su Acuerdo modificatorio en marzo de 1972 se incluyen las familias de las especies migratorias de caza y no caza que se convenían. Por lo anterior, se puede observar que México, ha implementado medidas como la expedición de la Ley General de Vida Silvestre, la NOM-059-

SEMARNAT-2010, así como una serie de disposiciones en alineación a lo que establece este Convenio.

Como se ha desarrollado y manifestado a lo largo de este capítulo y en el Capítulo VI y VII, que la biodiversidad será respetada y que, por los impactos ambientales que el proyecto pueda generar se implementarán una serie de medidas de prevención y mitigación. Es necesario mencionar que el proyecto no pretende realizar ningún aprovechamiento de especies de Aves, ni llevar a cabo ninguna actividad de interés cinegética, al contrario, pretende llevar a cabo un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre y monitoreo de calidad del aire.

3.2. Planes de ordenamiento ecológico del territorio.

3.2.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) se publicó en el Diario Oficial de la Federación (“DOF”) el 7 de septiembre de 2012. El objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial.

El POETG clasifica al país en 145 unidades ambientales biofísicas (UAB) que deben su regionalización a cuatro criterios: clima, relieve, vegetación y suelo. Es importante destacar que a diferencia de las Unidades de Gestión Ambiental que sintetizan el territorio, las UAB son únicamente de análisis, en virtud de su extensión y complejidad. Cabe señalar que este Programa, promueve un esquema de coordinación y corresponsabilidad entre los sectores de la Administración Pública Federal (APF), a quienes está dirigido, mismo que permite generar sinergias y propiciar un desarrollo sustentable en cada una de las unidades ambientales ecológicas identificadas en el territorio nacional. Lo anterior, resulta relevante ya que, por su escala y alcance, el POEGT no tiene como objeto autorizar o prohibir el desarrollo de las actividades

sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de dirigir sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este Programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes en cada región.

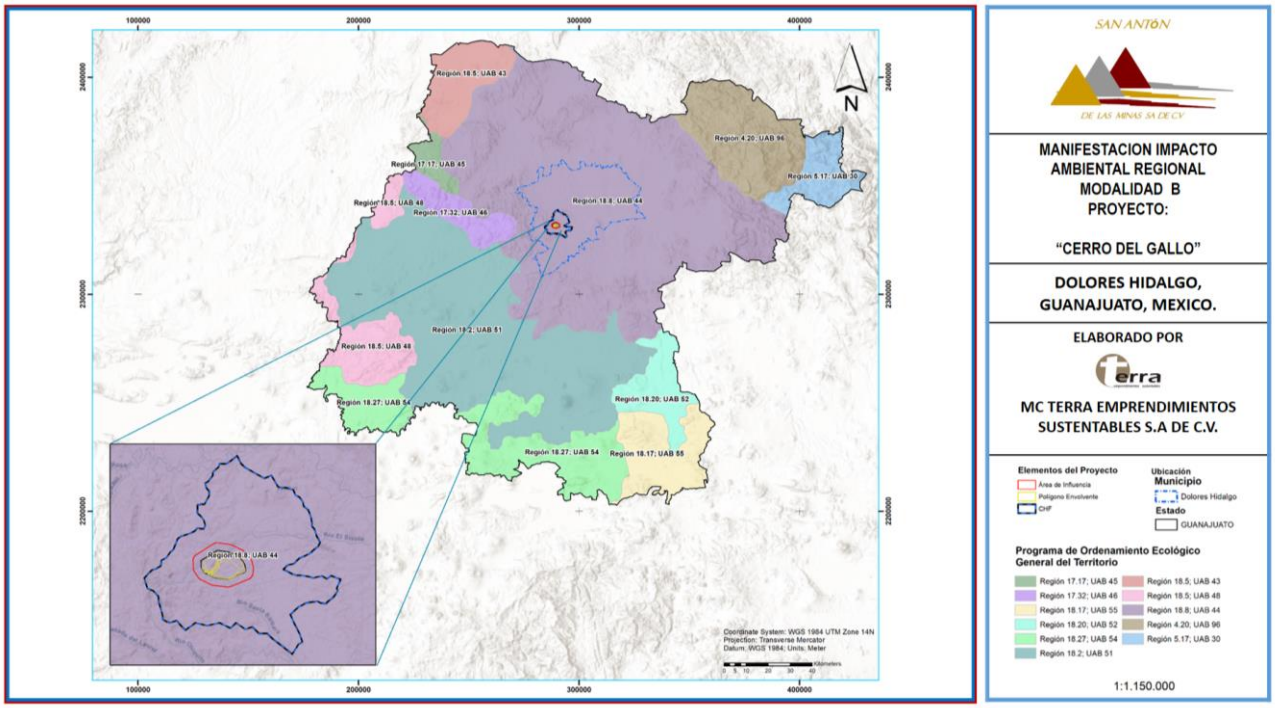
Espacialmente, el POEGT actúa sobre todo el territorio nacional en su porción terrestre; administrativamente, facilita la toma de decisiones de los actores de la APF, al orientar la planeación y la ejecución de las políticas públicas; y social y económicamente, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

Vinculación: Bajo ese tenor y habiendo hecho la anterior aclaración la **"CERRO DEL GALLO"** se encuentra dentro de la UAB número 44, "Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato"; se localiza al Norte de Guanajuato, pero abarca el Sur de San Luis Potosí, ya que mantiene una superficie de 17,875.73 km2, tal y como se puede apreciar en la siguiente Figura:

Para el 2008, el estado del Medio Ambiente se consideró:
"Inestable. Conflicto Sectorial Alto. No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Alta degradación de la Vegetación. Muy alta degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es de media a baja. Longitud de Carreteras (km): Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Media. El uso de suelo es Agrícola y Otro tipo de vegetación. Con disponibilidad de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 71.2. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Bajo hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de

capitalización industrial. Muy alto porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Medio porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.”.

Figura III. 2. Ubicación del proyecto dentro del POEGT



La proyección hacia el escenario al 2033, se consideró Crítico y por ello se consideró que debe implementarse la política de Restauración y aprovechamiento sustentable, por ello la prioridad de atención se consideró Media.

En cuanto a los sectores asociados al desarrollo se consideró como rectores a la Agricultura - Preservación de Flora y Fauna; como **sectores coadyuvantes** del desarrollo a la Ganadería – **Minería**.

Las estrategias sectoriales ordenadas por grupo se presentan en el siguiente cuadro y en el plano que prosigue se observa el proyecto ubicado en el área de la UAB 44.

Tabla III. 2. Estrategias UAB 44.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
A) Preservación	**1.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.
	2. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.
	3. Valoración de los servicios ambientales.
B) Dirigidas al Aprovechamiento Sustentable	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.
	8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales	**12.** Protección de los ecosistemas.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.
	15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	**28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	**31.** Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.
E) Desarrollo social	**33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.
	34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.
	37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.
	40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en

	condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Marco jurídico	**42.** Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del ordenamiento territorial	**43.** Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

Con base a lo anterior, se considera que jurídicamente no es posible vincular al Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio con el Proyecto, en virtud de que en el acuerdo por el que se expide, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 7 de septiembre de 2012 a la letra señala:

"ARTICULO SEGUNDO. - En términos del Artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio será de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática.

ARTICULO TERCERO. - De conformidad con el Artículo 34 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio en sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública."

No obstante, lo anterior, dentro de los sectores coadyuvantes del desarrollo incluye a la minería metálica y por ello la Estrategia del Grupo I, clasificada en el inciso E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios, señala:

- *15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.*

- *15 bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.*

Es decir, no solo percibe a la minería metálica como un sector importante para el desarrollo, sino que alienta a las entidades del sector a efecto de aplicar los productos generados por el gobierno para su beneficio y consolidar el marco normativo para promover la sustentabilidad en la minería.

Sin menos cabo de lo anterior, dentro de la UAB44 se deben de implementar las estrategias ecológicas que se muestran en la Tabla III.2, en donde se ha incluido la vinculación con el proyecto cuando aplica.

Tabla III.3. Estrategias ecológicas vinculadas al “CERRO DEL GALLO” conforme al POEGT

Estrategía	Vinculación con el poruecto
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
1. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. **2**. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. **3**. Valoración de los servicios ambientales. **4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. **5.** Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. **6.** Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. **7.** Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. **8.** Valoración de los servicios ambientales. **12.** Protección de los ecosistemas. **13.** Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes. **14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas. **15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. **15 bis.** Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	La Promovente buscará coordinarse con dependencias de los tres niveles de gobierno, para identificar las áreas que requieren un impulso para la conservación y negociará el tipo de apoyo que podrá brindar. En el proyecto a través de la capacitación en temas ambientales a sus empleados incidirá en la prevención de actos ilícitos contra los elementos de la biodiversidad A partir de la implementación de su Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental, el promovente colaborará con los esfuerzos institucionales, encaminados al monitoreo de los elementos de la biodiversidad. La promovente colaborará con la CONAFOR dentro del Programa para la prevención, control y combate de incendios forestales. El proyecto a través de la vigilancia de sus terrenos podrá coadyuvar a prevenir actos ilícitos contra elementos de la biodiversidad, entre ellos la prevención y control de incendios. Con base en su programa de rescate de especies de fauna y vegetación, así como la compensación por impactos residuales, la empresa minera podrá contribuir a la recuperación de especies protegidas Con base en su programa de rescate de especies de fauna y vegetación, así como la compensación por impactos residuales, la empresa minera podrá contribuir a la recuperación de especies protegidas. La promovente incluirá dentro de su programa de capacitación la inducción a la educación ambiental, mediante el cual incidirá en la concientización de la importancia que representa el cuidado y protección de la biodiversidad. A través de los programas de capacitación al personal contratado, se podrá colaborar con esta estrategia. La promovente colaborará con la SEMARNAT para el monitoreo de la fauna silvestre, dentro del marco de su Programa Ambiental Los programas de forestación y reforestación que la promovente ejecute, utilizarán especies nativas. Tal y como lo señala el Plan de Cierre, al término de la vida útil del proyecto, se realizarán las actividades de forestación y reforestación. El proyecto responde a esta acción con la inversión que se va a realzar, conforme a lo señalado en el Capítulo II aplicando los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables La Promovente tiene la mejor disposición para colaborar con las autoridades ambientales de los tres niveles de gobierno y a la fecha ha participado en foros de difusión de la actividad minera.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. **29.** Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional. **31.** Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. **33.** Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza. **34.** Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional. **35.** Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	La promovente tiene celebrados con varios titulares de títulos de concesión, convenios de transmisión definitiva de sus derechos, cuyo volumen cubre las necesidades para poder operar el proyecto. Instalará medidores en los pozos de aprovechamiento de agua, los cuales serán calibrados conforme al programa de mantenimiento preventivo y se registrarán en bitácoras de manera diaria las lecturas del totalizador para estimar los volúmenes aprovechados diariamente. Esta información permitirá realizar los pagos trimestrales de los volúmenes de agua aprovechados y realizar el pago correspondiente delos derechos. La promovente tratará las aguas sanitarias que sean generadas en una PTAN y el agua tratada, la reutilizará en el regado de caminos o en el proceso de lixiviación. La empresa está en plena disposición de colaborar con las instancias correspondientes para identificar y, en dado el caso, solucionar demandas sociales de los grupos de interés. A la fecha la relación con los pobladores en la región es cordial y respetuosa. El proyecto apoyará en el ámbito de sus posibilidades la creación de sistemas adecuados de disposición de residuos sólidos urbanos. El proyecto colaborará en el ámbito de sus posibilidades con las iniciativas del Gobierno Estatal para el mejoramiento de las vialidades que tengan que ver con las rutas de acceso al área de proyecto.

Estrategia	Vinculación con el poruecto
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. **37.** Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. **38.** Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. **40.** Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. **41.** Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	La generación de empleos FORMALES directos e indirectos contribuirán a la diversificación de las actividades productivas, desarrollo de capacidades, integración de las zonas rurales a la dinámica del desarrollo nacional. El proyecto al ofrecer capacitación al personal que contrate, aumentará sus habilidades, conocimientos y capacidades, sin embargo, el personal que se contrate no estará limitado a solo un sector, en particular, de la población El proyecto contratará a su personal sin distingo de raza, sexo, religión, condición social, ni preferencia sexual. Sin menos cabo de que no es objeto del proyecto el proporcionar servicios, el empleador promoverá la mejora de la calidad de vida de sus colaboradores. En la medida de sus posibilidades, el proyecto gestionará ante las instancias correspondientes el mejoramiento de los servicios que proporciona el Estado a las madres trabajadoras. El proyecto responde a este reto con la generación de empleo aprovechando la vocación minera de la zona. La empresa manifiesta una vez más su disposición por colaborar en los procesos de planeación regional a los que sea invitada a participar. Sin menos cabo de no ser su atribución impulsar, la empresa está en la disposición de colaborar con los esfuerzos que se realicen para la formulación, revisión y adecuación de tales programas. La empresa exterioriza su intención por apoyar los esfuerzos gubernamentales que se realicen.
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	La empresa cuenta con diversos tipos de contratos, convenios y acuerdos con los propietarios de los sitios que ocupara para su desarrollo el poryecto para ello se observaron las diversas disposiciones legales aplicables a estos.
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos.	La empresa manifiesta su disponibilidad para apoyar a las autoridades correspondientes que realicen este tipo de acciones
44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	La empresa manifiesta su disponibilidad para apoyar a las autoridades correspondientes que realicen este tipo de acciones

3.2.2. Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato.

La actualización del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato, fue publicado en el Periódico Oficial de Guanajuato el 2 de abril de 2019 contempla modificaciones y adaptaciones del PEDUOET publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato número 190, Cuarta Parte, de fecha 28 de noviembre de 2014.

Cabe señalar, que en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental presentado en el año 2019 del proyecto **"CERRO DEL GALLO"**, que fue registrado con el número 11GU2019M0059, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) solicitó opinión al área experta en materia de ordenamiento ecológico de la SEMARNAT, en este sentido a la fue a la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional (DGPAIRS) de la Subsecretaría de Planeación y Política ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) mediante el oficio SGPA/DGIRA/DG/03925 de fecha 3 de junio de 2019, cuya respuesta nos fue proporcionada por el sistema electrónico de transparencia y acceso a la información de la SEMARNAT la respuesta de la DGPAIRS que envió a la DGIRA mediante el oficio DGPAIRS/393/19 de fecha 19 de noviembre de 2019, la cual concluye que:

> ***La actualización del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato,*** *no es válido para esta unidad administrativa, por lo que no se tienen elementos para emitir opinión.*
>
> *Lo anterior debido a que el proceso de actualización del PEDUOET no cumplió con el párrafo tercero del artículo 20 BIS 2 de la Ley General del Equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA), el cual señala: "Cuando un programa de ordenamiento ecológico regional incluya un área natural protegida, competencia de la Federación, o parte de ella, el programa deberá ser elaborado y aprobado en forma conjunta por la Secretaría y los gobiernos de los Estados, el Distrito Federal y Municipios en que se ubique, según corresponda*

En este sentido, se entiende que para la SEMARNAT la actualización del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato, no es válido porque contraviene las formalidades establecidas en la LGEEPA.

Sin embargo, la promovente aún y cuando la actualización del Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Guanajuato no debe ser considerado por la SEMARNAT se realiza la vinculación del mismo.

El PEDUOET de acuerdo al Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato y funge como el instrumento de planeación con visión prospectiva de largo plazo, en el que se representa la dimensión territorial de los lineamientos y objetivos del Plan Estatal de Desarrollo.

En la actualización del PEDUOET se consideró:

- La evaluación de los resultados obtenidos por el PEDUOET. a cuatro años de su implementación.
- La Encuesta Intercensal 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y los Censos Económicos 2014 (INEGI).
- Los elementos mencionados en el artículo 49 del Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato,
- El marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.
- La Nueva Agenda Urbana adoptada en la 111 Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat 111);
- Los conceptos de la nueva Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2016.
- La Guía Metodológica para la Elaboración y Actualización de los Programas Municipales de Desarrollo Urbano, elaborada por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), la Secretaria de Medio Ambiente y

Recursos Naturales (SEMARNAT) y el organismo de Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ en mayo 2017;

El modelo propuesto para la actualización del busca impulsar el mejor arreglo espacial para favorecer el desarrollo sustentable de la entidad, conteniendo el crecimiento de las ciudades a través de una densificación cualitativa de los espacios urbano.

Del punto de vista de la inclusión, se han buscado soluciones de conectividad que favorecen el desarrollo de actividades más remunerativas para los habitantes de las zonas marginadas, como por ejemplo el turismo alternativo que incluye ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural. Se evaluó la posibilidad de crear o fortalecer nuevos polos de desarrollo económico en las áreas disponibles donde, por medio de un modelo de análisis espacial, se comprobó que el impacto ambiental resultaba contenido.

Por lo que se refiere a la adaptación al cambio climático conforme a la legislación nacional y estatal vigente, el PEDUOET 2040 pretende fortalecer las acciones de desarrollo, mejoramiento y conservación de los centros de población, tomando en cuenta los cambios de precipitación y de temperatura que podrían ocurrir en el caso de que las medidas de mitigación no tengan éxito. Entre las acciones de adaptación se pueden mencionar los planes de protección y contingencia ambiental en zonas de alta vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos, incluyendo además de las áreas urbanas los destinos turísticos menos protegidos.

Se fortalecen las medidas de protección y conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Por ejemplo, los corredores biológicos identificados en el PEDUOET fueron complementados con medidas correctivas que garanticen la conectividad ecológica. Además, se busca conservar, restaurar y proteger las zonas importantes de recarga del acuífero, mediante criterios de regulación y estrategias, mitigando las intervenciones que reduzcan la permeabilidad del suelo con las obras necesarias

Con base en las opiniones recopiladas y asignando valores a cada una de las problemáticas a partir de consideraciones de gravedad y de extensión territorial se procedió a su jerarquización. Cada problemática se analizó con la información recabada en el proceso de la etapa de caracterización para su validación. Se evaluaron cuatro aspectos de cada problemática: efecto territorial, impacto ambiental, impacto social e impacto económico. En la siguiente tabla se indican las combinaciones y la posición asignada.

A partir del análisis y evolución de las variables más relevantes natural, del medio físico transformado, económico y social; de la identificación de sus relaciones y conflictos, se elaboró un escenario tendencia lineal que representa la evolución del territorio al 2040 sin que ninguna de estas relaciones iniciales se modifique.

El Modelo de Ordenamiento Sustentable del Territorio (MOST) constituye la base para la planeación y gestión territorial del estado de Guanajuato. En él se propone la regionalización del territorio a partir de la delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT) a las que se vinculan una política ambiental-territorial, un lineamiento ecológico y territorial, las estrategias ambientales y territoriales, los usos de suelo adecuados para desarrollar en cada una de ellas y los criterios de regulación y directrices urbano-territoriales vinculados a estos.

Propone un desarrollo construido bajo un enfoque de planeación regional del territorio, basado en los conceptos incluidos en el Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato, en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTD), la Nueva Agenda Urbana aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat 111) celebrada en Quito, Ecuador, y en las metas de Aichi para la Diversidad Biológica de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza para el 2020. También considera las conclusiones y recomendaciones del PEO 2040, añadiéndole el componente territorial necesarios para su implementación.

El MOST planea lograr un ordenamiento territorial incluyente, que tome en cuenta todos los sectores de la población, facilite el desarrollo social y económico y al mismo tiempo tenga un fuerte componente ambiental de preservación de la biodiversidad y de los recursos naturales, principalmente pero no exclusivamente de los recursos hídricos, y de mitigación y adaptación al cambio climático.

En un estado con un fuerte sesgo territorial derivado de la concentración en una fracción del territorio, el corredor de la carretera 45 y en parte el corredor de la carretera 57, de las mejores tierras agrícolas, de las ciudades más pobladas y con mayor desarrollo, de la mayor concentración de infraestructura y de los principales polos industriales, el éxito de esta actualización del programa consiste en encontrar la fórmula para mejorar la distribución del desarrollo territorial, sin perjudicar las mejores oportunidades de las zonas favorecidas, pero logrando la equidad territorial a través de la creación de redes de interacción inter e intrarregionales.

Para lograr este propósito, el MOST propone la regionalización del territorio a partir de la delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT) a las que se vinculan una política ambiental-territorial, un lineamiento ecológico y territorial, las estrategias ambientales y territoriales, las actividades adecuadas a desarrollar en cada una de ellas y los criterios de regulación y directrices urbano-territoriales vinculados a estos

Cada UGAT es parte de conjuntos espaciales con el cual comparte estrategias territoriales complementarias, sobre todo para las principales temáticas del desarrollo, entre las cuales se encuentra el agua, las cadenas productivas agrícolas, ganaderas e industriales, el turismo y las sobre las cuales se basa la una parte importante de la calidad de vida, como la alimentación, la salud, la educación y la cultura.

Las UGAT constituyen la unidad mínima para la gestión del territorio del estado de Guanajuato. Cada una representa una porción del territorio estatal a la que se vincula una política ambiental y territorial, un lineamiento ecológico y territorial (meta general), una serie de estrategias resultado de la identificación de problemáticas y conflictos ambiental-territoriales y del diagnóstico particular del territorio comprendido por cada UGAT, los usos susceptibles desarrollarse en su territorio de acuerdo al análisis de aptitud territorial e imagen objetivo, así como los criterios de regulación y directrices urbanas y territoriales a los que deberá sujetarse cada actividad para llevarse a cabo de manera adecuada, bajo un esquema de sustentabilidad y para un adecuado ordenamiento de las actividades sobre el territorio de Guanajuato.

Las unidades del PEDUOET vigente se construyeron a partir de la delimitación de paisajes que incluían la geomorfología, uso de suelo y vegetación y topografía delimitando zonas homogéneas. En la actualización se incluyen nuevos elementos territoriales que permitirán una gestión más integrada del territorio, además de incluir las zonas urbanas, de crecimiento e industriales de los diversos PMDUOET e inclusive zonas de relevancia ambiental delimitadas por los instrumentos locales incorporados a las UGAT del programa estatal.

Para el caso de las concesiones y fundos mineros, se identificaron las UGAT donde existía un alto interés por el aprovechamiento de recursos minerales, particularmente las de protección y conservación, donde, a partir del análisis actualizado del uso de suelo y vegetación y de las áreas prioritarias, se pudo identificar por un lado las áreas de mayor relevancia ambiental, en las que el sector estaría sujeto a un mayor número de regulaciones y por otro lado las zonas ya degradadas donde el sector podría desarrollarse con menor regulación, para lo que las UGAT vigentes se fragmentaron y redelimitaron en estos territorios de interés minero.

Todas las áreas naturales protegidas publicadas hasta la fecha de la elaboración de este instrumento se incluyeron como UGAT en la nueva propuesta de actualización.

Además se analizó cada una de las UGAT no correspondientes a centros de población y zonas industriales de acuerdo al uso de suelo actual, aptitud territorial y áreas prioritarias, modificando cuando fuese necesario el límite vigente, con la finalidad de obtener una nueva propuesta de UGAT que presentaran una mayor homogeneidad de uso de suelo y aptitud, lo que facilitará la gestión territorial y permitirá incidir de manera más precisa sobre la problemática ambiental urbana y territorial, los conflictos territoriales y el impulso de actividades y proyectos en el territorio.

El resultado final de la nueva propuesta de delimitación de UGAT consiste en 817 unidades, con un incremento de 57 UGAT con respecto al PEDUOET vigente. Como puede observarse, el tamaño promedio de las UGAT es más elevado en las regiones con impactos antrópicos intermedios, siendo las que se encuentran todavía menos impactadas y con el impacto mayor las más homogéneas.

La mayor parte de los cambios en las UGAT se derivaron de la modificación parcial por fragmentación, cambio de límites o unión debido al uso de suelo actual y aptitud territorial.

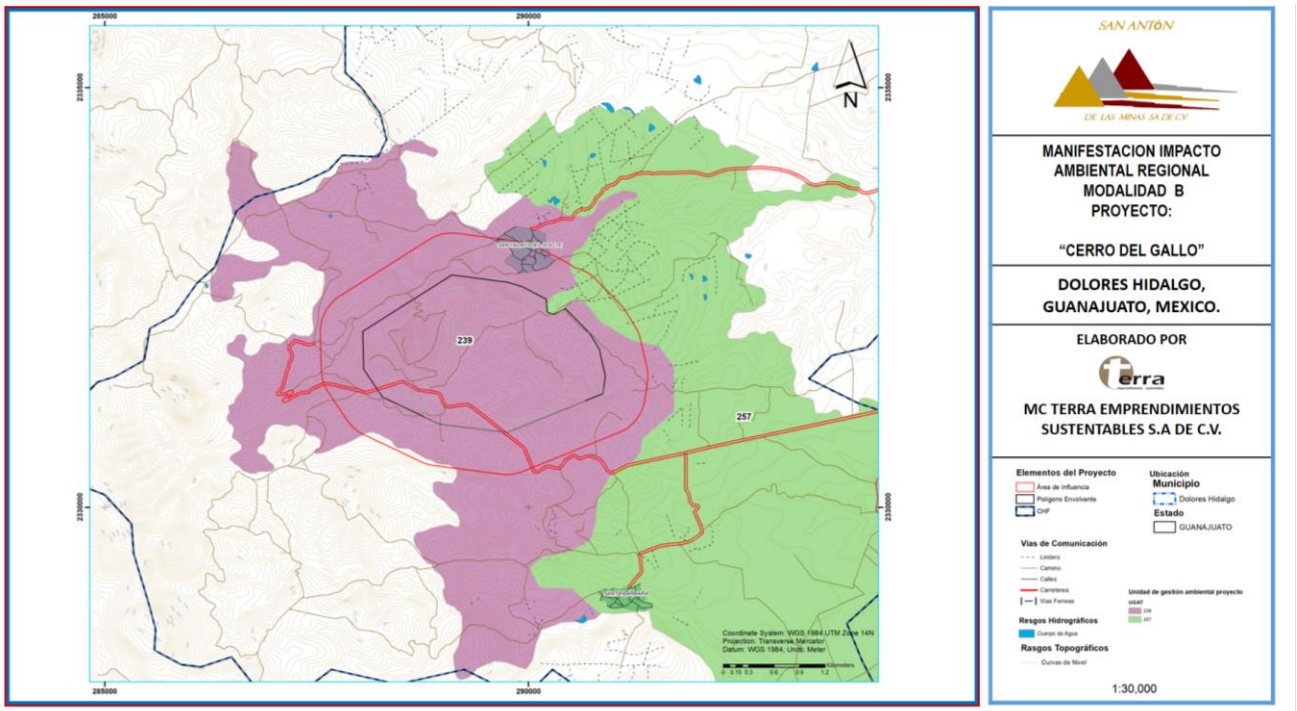
Para la ejecución del Programa se deberá observar los lineamientos y objetivos que han sido definidos para cada Unidad de Gestión Ambiental Territorial - UGAT, los cuales han de cumplirse para cada meta establecida en el corto, mediano y largo plazo. Asimismo, para asegurar el logro de dichas metas se han asignado diversas estrategias, así como la identificación de actividades compatibles y no compatibles con base a los ecosistemas identificados, cabe hacer mención que las actividades identificadas de acuerdo a la cobertura actual del suelo de la UGAT, no corresponde a los usos de suelo que podrán dedicarse a un fin particular de conformidad con la zonificación secundaria.

La **“CERRO DEL GALLO”** se encuentra en su totalidad dentro de la UGAT número 239, “Restauración de ecosistemas y predios preferentemente forestales”, tiene una política de Restauración, en cuanto a las actividades compatibles se encuentra las estrategias

de restauración, así como la actividad de la Minería metálica. Lo cual induce que el proyecto sea compatible.

Esta categoría de UGAT Restauración de ecosistemas y predios preferentemente forestales, es equivalente a la de Restauración de predios agropecuarios preferentemente forestales, no obstante, presenta la diferencia de que aún mantiene cierta superficie con relictos de vegetación forestal. Presenta una distribución similar en el estado localizándose en las zonas bajas de la mayoría de los sistemas montañosos del territorio Guanajuatense. Un total de 85 UGAT han sido clasificadas en esta categoría con una superficie de 312,441.03 ha. lo que constituye el 10.20% del territorio estatal. Estas zonas presentan las mismas características ambientales que la categoría anterior, y son de gran relevancia para la prestación de bienes y servicios ambientales.

Figura III.3. Polígono envolvente del proyecto dentro de la UGAT 239



El objetivo estratégico consiste de igual manera en la restauración ecológica de ecosistemas perturbados y las zonas preferentemente forestales utilizadas para

actividades agropecuarias, con la finalidad de recuperar sus bienes y servicios ambientales, promoviendo la reconversión productiva de las actividades agrícolas hacia sistemas agroforestales, y de las zonas pecuarias hacia sistemas silvopastoriles

Políticas de Ordenamiento Ecológico Territorial y Ordenamiento Urbano Territorial

Políticas de ordenamiento ecológico

Las políticas de ordenamiento ecológico constituyen el marco general para la ocupación del territorio, la cual debe considerar la diversidad de problemáticas o conflictos, así como las potencialidades y necesidades de cada unidad territorial que permitan dirigir el desarrollo de la misma hacia la imagen objetivo-deseada, mejorando la calidad de vida de su población.

Aprovechamiento sustentable

Esta política ecológica se asigna a aquellas zonas que por sus características son aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, conforme a la capacidad de carga y tengan el menor impacto negativo con base a los indicadores de la autoridad competente. Se reorientarán las actividades productivas conforme a los umbrales de los recursos naturales existentes.

Las actividades que se desarrollen dentro de esta política serán en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y condicionadas de acuerdo a las características de la zona.

Conservación

Es una política ecológica que tiene como objetivo mantener las estructuras, procesos y los servicios ambientales en áreas donde el grado de deterioro no alcanza niveles significativos y cuyos usos actuales o propuestos son de bajo impacto en estas áreas. La prioridad es reorientar la actividad productiva hacia los aprovechamientos sustentables de los recursos naturales, reduciendo o anulando las actividades productivas que implican cambios negativos en el uso de suelo actual.

Las actividades que se desarrollen dentro de esta política deberán garantizar la conservación de los recursos naturales, permitiendo aquellas que tengan un bajo impacto en el ambiente y no degraden la vegetación y el suelo.

Restauración

Es una política ecológica dirigida a zonas que han sufrido cambios estructurales en los ecosistemas y presentan un alto grado de fragmentación por la masificación de actividades antropogénicas o de cambio climático.

Se promueve la aplicación de programas y actividades encaminados a recuperar o minimizar las afectaciones producidas que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales inherentes. Dependiendo del grado de recuperación del ecosistema se aplicará alguna otra política ya sea de protección, conservación o aprovechamiento.

Protección

Referente a las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial que, dadas sus características de biodiversidad, extensión, bienes y servicios ambientales, tipos de vegetación o presencia de especies con algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, hacen imprescindible salvaguardar la permanencia de ecosistemas nativos relevantes.

En estas Unidades de Gestión Ambiental y Territorial se busca asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos. Quedan prohibidas las actividades productivas y nuevos asentamientos humanos; se permitirá la realización de actividades de educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental que no impliquen modificación de las características o condiciones originales de los ecosistemas y que formen parte de los usos y costumbres de la población local.

Área Natural Protegida

Zona del territorio estatal en la que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieran ser protegidas, conservadas y/o restauradas. Estas áreas prestan servicios ambientales, tienen elementos únicos paisajísticos y/o culturales, o se caracterizan por albergar especies endémicas

Un aspecto muy importante para promover la adecuada ordenación del territorio estatal, es la identificación de las actividades a desarrollarse en cada una de las UGAT que componen el MOST. La identificación de actividades es realizada con base a la cobertura actual del uso de suelo y vegetación de la UGAT, por ningún motivo corresponde a los usos de suelo que podrán dedicarse a un fin particular de conformidad con la zonificación secundaria.

En cada unidad se establecen las actividades compatibles con el lineamiento ecológico urbano y territorial que pueden ser impulsadas para desarrollarse en su territorio, se establecen de acuerdo con el lineamiento de cada UGAT y la aptitud territorial del territorio que la compone. Las actividades se clasifican en dos categorías:

- Actividades compatibles: las de mayor aptitud para la UGAT, que contribuyen a mejorar las condiciones ambientales y territoriales de la misma, que no causan conflictos, y que conducen a un desarrollo óptimo y más acorde a la imagen objetivo y el escenario estratégico.
- Actividades incompatibles: las que contribuyen a la pérdida o deterioro ambiental de áreas relevantes para la preservación o protección o al aumento de conflictos territoriales y que no son congruentes con la imagen objetivo y el escenario estratégico.

Las actividades identificadas son con base a la cobertura actual del suelo de la UGAT, por ningún motivo corresponden a los usos de suelo que podrán dedicarse a un fin particular de conformidad con la zonificación secundaria que deberá establecerse en los programas municipales.

Para alcanzar los lineamientos ecológicos, urbanos y territoriales planteados para las diferentes unidades de gestión ambiental y territorial se integró una cartera estratégica que incluye objetivos específicos, acciones, programas y proyectos que deberán ser instrumentados. Estas estrategias se encuentran vinculadas a los objetivos estratégicos planteados en el PEO 2040.

Las estrategias aplicables son: **EAm03, EAm05, EAm03 y EAm15**

Los criterios aplicables son: **Mim01, Mim02, Mim03, Mim04, Mim05, Mim06, Mim07, Mim08, Mim09, Mim10, Mim11, Mim12, Mim13, Mim14, Mim15, Mim16 y Mim17, así como los Ifp01 e Ifp02**

Tabla III. 1. Estrategias de Restauración

Clave	Descripción	Vinculación
EAm03	Restauración ecológica: Objetivo. - Recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejantes a las presentadas originalmente por aquellos ecosistemas que han sido degradados para restablecer sus funciones ecológicas. La restauración ecológica deberá ser realizada con una perspectiva explicita de paisaje, con el fin de asegurar interacciones e intercambios apropiados con los ecosistemas aledaños. • Desarrollar pruebas experimentales de restauración para los diferentes ecosistemas terrestres y acuáticos presentes en el SC, con el fin de reducir los riesgos asociados con prácticas homogéneas. • Realizar estudios científicos para conocer la estructura, composición de especies del ecosistema original y las especies presentes al inicio del proceso de restauración. • Generar y consolidar criterios y metodologías que se consideren el restablecimiento de la integridad ecosistémica y tomen en cuenta aspectos físicos, biológicos, económicos, sociales y de género para apoyar la implementación de acciones de restauración y rehabilitación de los ecosistemas terrestres. • Reducir discontinuidades de la cobertura vegetal de modo que se recuperen	El proyecto cumplirá con esta estrategia mediante los estudios de caracterización de flora y fauna presente en la UGAT 239, con la finalidad de conocer los tipos de usos de suelo y vegetación; así el tipo de especies presentes nativas, con la finalidad de que en el programa de reforestación se desarrolle un vivero que cuente con la capacidad de reproducir solo especies nativas en las superficies de restauración propuestas recuperando y aumentando la masa forestal que actualmente cuenta la UGAT 239. Por otro lado se contará con un programa de rescate y reubicación de flora y fauna de aquellas especies que se encuentren en algún estatus de protección especial de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como aquellas especies de lento crecimiento o desplazamiento, con la finalidad de mantener la continuidad funcional y los corredores biológicos presentes.

Clave	Descripción	Vinculación
	corredores biológicos para asegurar el movimiento de las especies en el SC.	
EAm05	Conservación y restauración de suelos. Objetivo. - Conservar los suelos del estado de Guanajuato y recuperar aquellos degradados con el fin de contribuir a la restauración de los ecosistemas forestales y a la productividad agrícola. • Identificar y delimitar áreas erosionadas o con alto potencial de erosión, considerándolas como áreas de atención prioritaria. • Efectuar tratamientos para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo mediante fertilización fosfatada, corrección de la acidez de los suelos con enmiendas calcáreas, rotación de cultivos, escarificación y aplicación de abono orgánicos entre otros. • Incrementar/mantener la rugosidad de la superficie del suelo. • Realizar obras para el control de la erosión laminar como terrazas de formación sucesiva, terrazas individuales, sistemas de zanja bordo, acomodo de material vegetal muerto en curvas de nivel, barreras de piedra en curvas de nivel, acomodo y alineación de material muerto. • Promover obras de conservación de suelos tales como: presa (de malla de piedra acomodada, geocostales, gaviones, etc), estabilización de taludes, terrazas (de muro vivo, barreras de piedra en curvas de nivel, etc), zanjas prácticas vegetativas (enriquecimiento de acahuales, sistemas agroforestales, acomodo de material vegetal muerto), entre otros. • Promover prácticas alternativas que fomenten la conservación del suelo, tales como: plantaciones agroforestales, reforestación con leguminosas forrajeras y labranza de conservación. • Promover la transformación de cultivos de plantas anuales hacia cultivos perennes, forestales, silvoagropecuarios y de integración agropecuaria en zonas con riesgo con potencial de erosión. • Promover la revegetación forestal, con especial atención a la instauración de una cubierta vegetal protectora y fijadora de suelos en zonas preferentemente forestales, que carecen de vegetación forestal. • Preservar la frontera en zonas áridas y semiáridas, impulsando el manejo sustentable de los recursos naturales y promoviendo la reconversión productiva.	El proyecto contempla un estudio de suelo para identificar las áreas erosionadas dentro del SAR que debieran ser de atención prioritaria, así mismo se está proponiendo un programa PCRS: Programa de Conservación y Retención de Suelos, el cual contempla presas filtrantes de piedra acomodada, presa de gaviones, presas con geocostales, fosas de sedimentación (tinas ciegas), y las áreas donde se propone realizarlas.

Clave	Descripción	Vinculación
EAm07	Conectividad de ecosistemas: Objetivo. - Promover el flujo biológico e intercambio entre las diferentes áreas de relevancia ambiental, con la finalidad de preservar la diversidad biológica de las diferentes regiones de Guanajuato. • Conservar todos los fragmentos de vegetación y flujos hídricos que funcionan como piedras de paso y corredores naturales. • Reforestar los corredores riparios de los principales afluentes del estado	El proyecto cumple y es compatible con esta estrategia al designar un área de conservación de recursos naturales, el cual sirve principalmente como un conector y corredor biológico de la fauna, así como la ejecución de un programa de reforestación con especies nativas que garantizan la continuidad funcional del ecosistema.
EAm15	Gestión integral del agua: Objetivo. - Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico en todos los componentes del ciclo hidrológico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente, y mecanismos de creación del conocimiento y difusión de información. • Conservar las principales zonas de recarga en el estado mitigando las intervenciones que reduzcan la permeabilidad del suelo. • Promover la realización de obras de conservación de agua. • Favorecer la cosecha de agua.	En este sentido el proyecto es compatible y cumple con la estrategia al establecer un Programa de Monitoreo y Vigilancia de la agua superficial y subterránea mediante obras de desvío de escorrentías en las áreas de infiltración aguas abajo, atención al monitoreo y vigilancia del agua superficial y subterránea, mediante la toma de muestra y análisis de sus parámetros de calidad establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1994, un programa de prevención y atención de derrames con la finalidad de evitar contaminación a cuerpos de agua superficiales e infiltraciones al suelo que puedan ocasionar afectaciones al acuífero.

Para el desarrollo adecuado de las diferentes actividades sobre el territorio del Estado de Guanajuato, se establecieron un conjunto de criterios de regulación ambiental y territorial que se refieren a una serie de normas, reglas y recomendaciones para poder realizar las diferentes actividades compatibles sin comprometer el éxito de los lineamientos propuestos para cada UGAT, así como prevenir la generación de impactos negativos o de conflictos territoriales con otros usos o actividades.

Los criterios de regulación ecológica establecen las medidas que deberá considerar cada sector productivo en su desarrollo, con el fin de resolver o mitigar las problemáticas ambientales, así como para lograr el éxito de los lineamientos y estrategias definidas para cada UGAT. Como apoyo a la gestión y toma de decisiones a nivel operativo, al evaluar los posibles efectos de las obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los

recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación, se deberán seguir las siguientes consideraciones, en el caso de la UGAT 239:

Tabla III. 2. Criterios de regulación ecológica

Criterio	Descripción	Vinculación
Mim01	La reducción de la cobertura vegetal de los ecosistemas primarios se podrá llevar a cabo solamente a la entrada de las minas. En la Manifestación de impacto ambiental, esta zona deberá ser justificada con base en las necesidades de la explotación minera, y no deberá superar las 4 has.	Se trata de una actividad minera en áreas de ecosistemas con vegetación secundaria, en este sentido las obras y actividades no ubican en ecosistemas primarios.
Mim02	Todas las instalaciones de apoyo (subestaciones eléctrica, cuartos de máquinas, oficinas, planta de beneficio sin presa de jal, talleres, almacenes, infraestructura de agua, polvorines, patio de maniobras) para la operación de las actividades, deberán instalarse en espacios que carezcan de ecosistemas primarios, o en caso de que no existan áreas sin vegetación a menos de 5 km de la entrada de la mina podrán instalarse adyacentes a esta sin exceder la superficie prevista de 4 ha.	Se trata de una actividad minera en áreas de ecosistemas con vegetación secundaria, en este sentido las obras y actividades no ubican en ecosistemas primarios.
Mim03	Cualquier proyecto de explotación minera propuesto deberá de garantizar a partir de estudios técnicos específicos que no existen impactos en los cuerpos de agua adyacentes y en su zona de influencia tanto superficiales como subterráneos, así como en los ecosistemas acuáticos derivados de contaminantes relacionados con la actividad	La MIA modalidad B Regional, se presentan y anexan todos los estudios hidrológicos y geo hidrológicos que demuestran que no se afectaran la hidrología superficial y subterránea del área del proyecto
Mim04	Se evitarán nuevos aprovechamientos de minerales metálicos, si estos generan riesgos a la salud para las poblaciones que habitan en su zona de influencia, tanto a partir de los vientos dominantes y escurrimientos relacionados con el área propuesta, y se determinará por medio de la manifestación de impacto ambiental	En la MIA-Regional se presenta anexo el Estudio de Riesgo Ambiental donde se establecen todas las medidas de seguridad y medidas de mitigación para salvaguardar a la población aledaña.
Mim05	En las áreas de acceso a las actividades mineras, se respetará una franja de amortiguamiento de 50 metros como mínimo hacia el interior del predio en todo el perímetro. Esta franja en caso de contar con vegetación forestal, deberá reforestarse con especies nativas de la región, estableciendo un programa de duración de 20 años a fin de garantizar la supervivencia de los individuos plantados y reemplazando a aquellos que perezcan.	Se respetará la franja de amortiguamiento en todo el polígono de las actividades mineras, para lo cual se tiene contemplado un programa de reforestación con especies nativas por toda la vida útil del proyecto de 19 años más 5 años de seguimiento y monitoreo y se construirá un vivero para la producción de la planta.

Criterio	Descripción	Vinculación
Mim06	El establecimiento de presas de jal deberá compensar el equivalente del total de biomasa forestal que será removido mediante el establecimiento de vegetación en un período máximo de 8 años, utilizando en caso de ser necesario una superficie mayor que aquella que le fue deforestada. Las especies utilizadas deberán ser nativas.	La actividad de beneficio se realizará por patios de lixiviación de conformidad a la NOM-155-SEMARNAT-2007, no se utilizará presa de Jal.
Mim07	Para la mitigación del desmonte de vegetación a causa de cualquier actividad, infraestructura u obra relacionada con la actividad minera, se deberá garantizar en un período máximo de 8 años el establecimiento de vegetación que garantice la mitigación equivalente del total de biomasa forestal que será removido, utilizando, en caso de ser necesario una superficie mayor que aquella que fue deforestada. Las especies deberán ser nativas	Se tiene contemplado un programa de reforestación con especies nativas por toda la vida útil del proyecto de 19 años más 5 años de seguimiento y monitoreo para todas las áreas y superficies de la actividad minera y si es necesario se realizará reforestación fuera de las mismas y se construirá un vivero para la producción de la planta.
Mim08	Las actividades de exploración deberán realizarse buscando minimizar los daños al ecosistema evitando zonas restauradas o en áreas con prioridad alta para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. La modificación o alteración de ecosistemas deberá compensarse mediante el establecimiento de vegetación equivalente al total de biomasa forestal que será removido, en un período máximo de 8 años y utilizando en caso de ser necesario una superficie mayor que aquella que fuer deforestada. Las especies utilizadas deberá ser nativas	Se tiene contemplado un programa de reforestación con especies nativas por toda la vida útil del proyecto de 19 años más 5 años de seguimiento y monitoreo para todas las áreas y superficies de la actividad minera y si es necesario se realizará reforestación fuera de las mismas y se construirá un vivero para la producción de la planta.
Mim09	Las actividades mineras y de beneficio de minerales deberán de presentar y obtener la aprobación de su plan de manejo de residuos de acuerdo, a la normatividad oficial vigente NOM-157-SEMARNAT-2009 y lo establecido en los criterios de regulación ecológica de cada UGAT. No se permitirá la operación de empresas mineras que no cuenten con su plan de manejo de residuos aprobado por la autoridad correspondiente.	Una vez autorizada la MIA-Regional se procederá a elaborar el programa de manejo de residuos mineros de conformidad a la NOM-157-SEMARNAT-2009 y se presentará para su registro y aprobación correspondientes ante la SEMARNAT.
Mim10	Las obras mineras superficiales, tales como rampas, accesos, tiros pozos de ventilación, tepetateras y servicios, están condicionados en UGAT con políticas de restauración y conservación, a no efectuar zonas restauradas o áreas con prioridad alta para la conservación de ecosistemas y la biodiversidad. Asimismo, deberán de considerar criterios ambientales de protección como zonas de amortiguamiento arboladas, ocultamiento visual, entre otros	Se respetará la franja de amortiguamiento en todo el polígono de las actividades mineras, para lo cual se tiene contemplado un programa de reforestación con especies nativas por toda la vida útil del proyecto de 19 años más 5 años de seguimiento y monitoreo y si es necesario se realizará reforestación fuera de las mismas, se construirá un vivero para la producción de la planta nativa.

Criterio	Descripción	Vinculación
	para minimizar impactos paisajísticos y de emisiones a la atmósfera. La modificación o alteración de ecosistemas deberá compensarse mediante el establecimiento de vegetación equivalente al total de biomasa forestal que será removido, en un período de 8 años y utilizando en caso de ser necesario una superficie mayor que aquella que fue deforestada. Las especies utilizadas deberán ser nativas	
Mim11	El beneficio de minerales (planta de beneficio que incluya presa de jales) estará condicionado en UGAT con políticas de restauración y conservación, a no afectar zonas restauradas o áreas con prioridad alta para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.	La actividad de beneficio se realizará por patios de lixiviación de conformidad a la NOM-155-SEMARNAT-2007, no se construirán presas de jales, la cual contempla al final de su vida la restauración del mismo.
Mim12	Las excavaciones subterráneas deberán considerar llevar a cabo estudios geo hidrológicos que prevengan la afectación de flujos de agua superficiales o afectación a zonas de recarga del acuífero	La MIA-R, se presentan y anexan todos los estudios hidrológicos y geo hidrológicos que demuestran que no se afectaran la hidrología superficial y subterránea del área del proyecto.
Mim13	La infraestructura minera que tenga acceso a superficie, como pozos de ventilación relleno o servicios deberán ser protegidos para evitar el ingreso de fauna al interior de la mina	El minado que se pretende llevar a cabo es superficial y no subterráneo, el cual contará con un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, asimismo se establecerán barreras físicas a la fauna.
Mim14	En las zonas de conservación hidrológica se deberá analizar la red de drenaje para establecer si los ríos y arroyos drenan sus aguas hacia zonas de recarga de potencial alto y medio; en caso positivo se deberá instrumentar legalmente que la empresa responsable de las actividades, tenga puntos de monitoreo de calidad del agua en los sitios de contacto con las zonas de recarga de potencial alto y medio, así como realizar estudios hidrogeológicos de detalle que establezcan la capacidad de autodepuración del medio (que conforma a las zonas de recarga de potencial alto y medio) y de la cantidad y calidad del agua que llegará al acuífero en forma de recarga	En la MIA-R se cuentan con los estudios hidrológicos y geo hidrológicos, así como el establecimiento de obras de desvío de escorrentías para que la infiltración de las mismas de lleva a cabo en las áreas de recarga, de la misma manera se establecerá pozos de monitoreo aguas debajo de las actividades mineras para monitorear su calidad
Mim15	En las zonas de recarga de alto y medio potencial se prohibirá la construcción de presas de jales, la acumulación de jales y la descarga de aguas residuales que no cumplan con los parámetros establecidos en la normatividad correspondientes	La actividad de beneficio se realizará por patios de lixiviación de conformidad a la NOM-155-SEMARNAT-2007, **no se utilizará presa de Jal**
Mim16	Los caminos y brecha para la actividad minera estarán condicionados a un ancho máximo de 5 m en zonas con presencia de	Se respetará la franja de 5 metros en zonas con vegetación forestal, para lo cual se tiene contemplado un programa de reforestación

Criterio	Descripción	Vinculación
	vegetación forestal, la modificación o alteración de ecosistemas deberá compensarse mediante el establecimiento de vegetación equivalente al total de biomasa forestal que será removido, en un período máximo de 8 años y utilizando en su caso de ser necesario una superficie mayor que aquella que fue deforestada. Las especies utilizadas deberán ser nativas	con especies nativas por toda la vida útil del proyecto de 19 años más 5 años de seguimiento y monitoreo y si es necesario se realizará reforestación fuera de las mismas, se construirá un vivero para la producción de la planta nativa
Mim17	Además de las disposiciones de la NOM-141-SEMARNAT-2003, se deberá limitar el almacenamiento de jales en predios localizados aguas arriba y que presenten escurrimientos hacia cuerpos de agua destinados al consumo humano. Para cualquier proyecto, así ubicado se deberá promover un estudio avalado por la autoridad competente que garantice la no contaminación del cuerpo de agua	La MIA-R se presentan y anexan todos los estudios hidrológicos y geo hidrológicos que demuestran que no se afectaran la hidrología superficial y subterránea del área del proyecto. Por otra parte, La actividad de beneficio se realizará por patios de lixiviación de conformidad a la NOM-155-SEMARNAT-2007, **no se utilizará presa de Jal**.
Ifp01	Solo se permitirá la instalación de obras de infraestructura siempre y cuando no tengan efectos negativos que modifiquen la estructura o alteren las funciones de los ecosistemas o recursos naturales	El proyecto, como se ha mencionada en los criterios anteriores cuenta con un Programa de Vigilancia Ambiental, el cual integra una estrategia de medidas de prevención, mitigación y compensación para garantizar reducir o eliminar los impactos ambientales adversos, o en su caso restaurar los sitios que fueran alterados por las actividades de minería metálica, dichos programas específicos son: • Programa de Control de Emisiones y Ruido. • Programa de Conservación y Retención de Suelos • Programa de Manejo de Flora y Fauna • Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial y Subterránea • Reglamento Interno de Protección de Flora y Fauna • Programa de Prevención y Atención a Derrames • Programa de Reforestación • Programa de Cierre y Abandono de las Actividades Mineras. • Programa de Capacitación y Educación Ambiental
Ifp02	Para la instalación de cualquier proyecto de infraestructura dentro de las consideraciones para la mitigación del impacto ambiental del resolutivo, se deberá considerar que el promovente recupere en los predios de compensación en un período no mayor a cinco años un equivalente del total de	En este sentido se está proponiendo dentro de las medidas de compensación un PR: Programa de Reforestación con especies nativas, en una superficies igual a la masa forestal afectada en un superficie dentro de la UGAT 239, el cual cuenta con un cronograma de cuatro años para su

Criterio	Descripción	Vinculación
	biomasa forestal que será removido por el proyecto. Las especies utilizadas deberán ser nativas.	cumplimiento con indicadores específicos de sobrevivencia que garantizará que la masa forestal afectada ha sido restaurada, adicionalmente dicho programa seguirá su ejecución durante la vida útil del proyecto, restaurándose aquellas áreas que se vayan cerrando de manera gradual.

3.3. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas.

A continuación, se analizará y determinará como el **"CERRO DEL GALLO"** se ajusta a las disposiciones del Título Segundo de la LGEEPA y de su Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas.

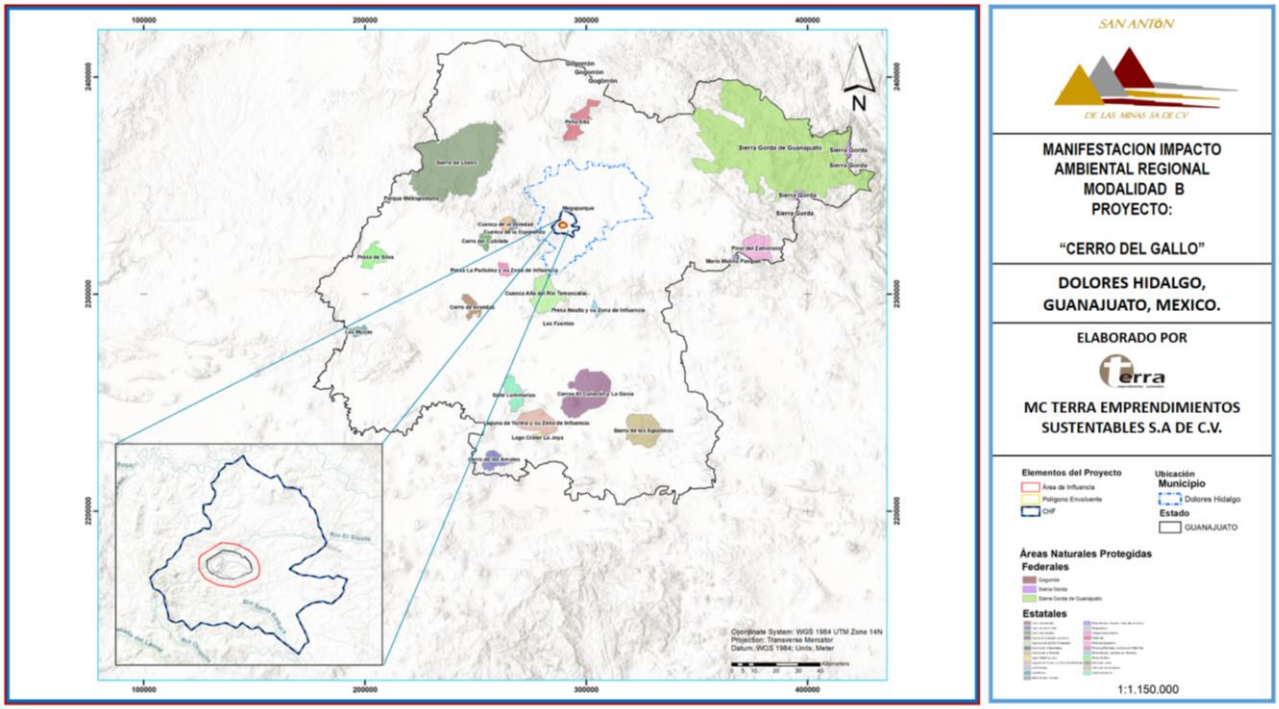
3.3.1. Áreas Naturales Protegidas

Como menciona la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas – CONANP, las Áreas Naturales Protegidas, son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 182 áreas naturales de carácter federal que representan más de 90, 839,521.55 hectáreas.

Figura III. 1. Ubicación del proyecto con respecto a ANP



Para el análisis desarrollado, se utilizaron archivos digitales en formato SHP obtenidos del sitio de la Comisión con la información de las Áreas Naturales Protegidas del país y sobre él, se sobrepuso el estado de Guanajuato; el municipio de Dolores Hidalgo; el SAR definido y el sitio del pretendido proyecto.

Como resultado del análisis se observó que el sitio del proyecto se encuentra fuera de los límites definidos para las ANP's, siendo la más cercana, a 60 km al NE del límite del SAR, la denominada Sierra Gorda de Guanajuato, con categoría de Reserva de la Biósfera, en el territorio de los estados de Guanajuato y Querétaro y para el primero en los municipios denominados Atarjea, San Luis de La Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú.

3.3.2. Regiones Terrestres Prioritarias

El proyecto de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se circunscribe en el Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que se orienta a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad en diferentes ámbitos ecológicos.

Respecto a Regiones Terrestres Prioritarias, el área del proyecto se ubica parcialmente en el flanco Oeste, con la denominada Región Terrestre Prioritaria RTP No. 99 “Sierras de Santa Bárbara y Santa Rosa”, ubicada en los municipios de Dolores Hidalgo, Guanajuato, León, Ocampo, San Felipe y Silao.

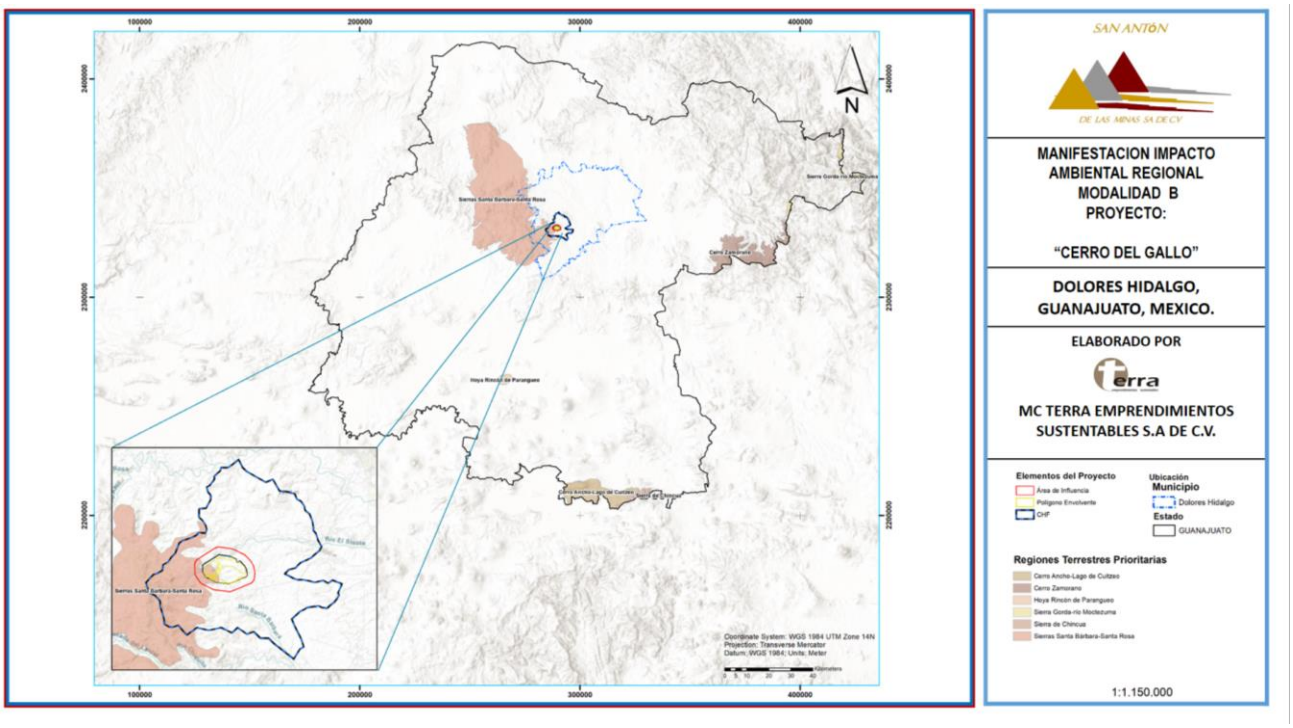
Considerando el SAR definido, ingresa por el Oeste hasta llegar a la colindancia del polígono que ocupará el proyecto. La importancia biogeográfica que definió como prioritaria a esta región, por la predominancia de bosques de encino en la parte central y áreas de bosques de pino y de bosques de pino con vegetación secundaria rodeada por pastizales y agricultura de temporal en el resto de la región. En el cuadro siguiente se observan las principales características de la RTP 99.

Tabla II. 3. Características de la RTP Sierra de Santa Bárbara y Santa Rosa

Factores bióticos	Característica	Valor para la conservación
Diversidad ecosistémica	Predominan los ecosistemas templados.	1 (bajo)
Integridad ecológica funcional	Existe vegetación de bosque de encino en buen estado de conservación, principalmente aquellas zonas alejadas de las carreteras, aunque también se presenta un serio problema de explotación forestal.	3 (medio)
Función como corredor biológico	Por la continuidad de bosques de encinos	2 (medio)
Riqueza específica	Entre las principales especies de encino destacan: *Quercus rugosa* (palo colorado), *Q. glabrescens* (palo blanco), *Q. mexicana* (palo prieto), *Q. laurina* (encino laurelillo), *Q. fulva* (roble colorado), *Q. microphylla* (roble blanco) y *Q. castanea* (bellota)	2 (medio)
Problemática ambiental	Característica	Valor para la conservación

Factores bióticos	Característica	Valor para la conservación
Pérdida de superficie original	Principalmente por erosión y deforestación.	1 (bajo)
Nivel de fragmentación de la región	Debida a la entresaca de especies maderables y de leña.	2 (medio)
Cambios en la densidad poblacional	Existe poco crecimiento poblacional local.	1 (estable)
Presión sobre especies clave	Principalmente sobre encinos, los cuales se utilizan para carbón. Es considerada como la zona más rica en diversidad de encinos a nivel estatal.	2 (medio)
Concentración de especies en riesgo	Poblaciones de encinos, reptiles, águila real, calandria, venado cola blanca y coyote, entre otros.	2 (medio)
Prácticas de manejo inadecuado	Sobresale la fabricación de carbón vegetal.	2 (medio)
Conservación	Característica	Valor para la conservación
Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado:	Es una zona de reserva manejada por la Fundación Ecológica de Guanajuato.	1 (bajo)
Importancia de los servicios ambientales	Principalmente debido a que es una región de captación de agua.	1 (bajo)
Políticas de conservación	La Fundación Ecológica de Guanajuato mantiene una pequeña parte de la zona como reserva. En años pasados se realizó un ejercicio de monitoreo de aves.	-

Figura III. 2. Ubicación del proyecto con respecto a las RTP



Aun y cuando dicha regionalización no tienen por objeto el normar o establecer restricciones sobre el uso del suelo, ya que no constituyen instrumentos de política ambiental en términos normativos; son herramientas básicas en conocimiento de la importancia de factores ambientales y procesos, que definen valores ecológicos a tomar en consideración en la planeación de obras y actividades a efecto de prevenir y tomar acciones que constituyan un aprovechamiento que no ponga en riesgo el capital biótico de una zona determinada; consideraciones que han sido tomadas en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

Sin embargo, en el proyecto se implementarán una serie de medidas de prevención y mitigación por los impactos ambientales que el proyecto pueda generar en el desarrollo de las obras y actividades, entre los que se puede encontrar:

- Rescate y Reubicación de Fauna silvestre.
- Monitoreo de calidad del aire.
- Monitoreo de Ruido.
- Conservación y Retención de Suelos
- Prevención y Atención a Derrames
- Reforestación
- Cierre y Abandono de las Actividades Mineras
- Manejo de Flora y Fauna
- Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial t Subterránea

3.3.3. Regiones Hidrológicas Prioritarias

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estas conexiones son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, no sólo a niveles local y regional, sino nacional y global.

A partir de ello, se realizó la regionalización del territorio mexicano definiendo, describiendo y caracterizando las Regiones Hidrológicas Prioritarias.

La Región Hidrológica Prioritaria RHP 57 “Cabecera del Río de La Laja” clasificada por la CONABIO, se encuentra rodeada por las sierras de Guanajuato, del Cubo, de la Media Luna y Gorda; como el único concepto que guarda un vínculo con el proyecto, ya que se encuentra inmerso dentro del área geográfica de la RHP.

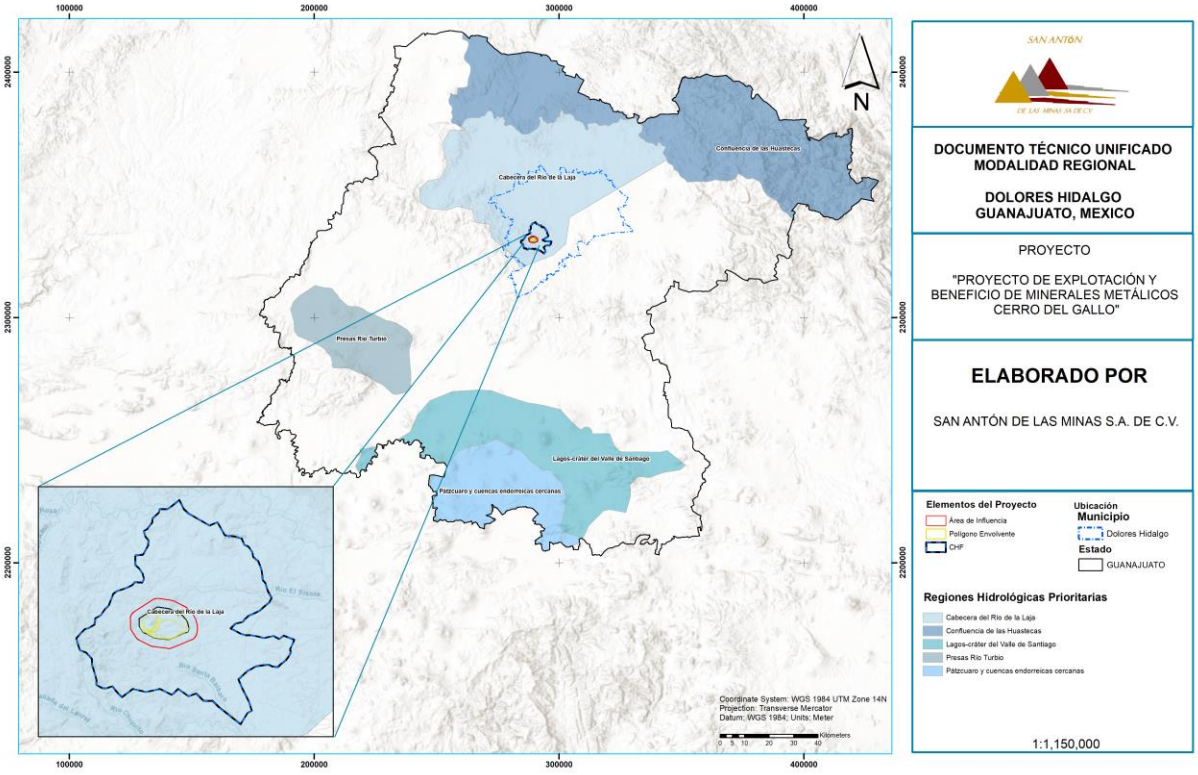
La problemática asociada es la modificación del entorno por desforestación; cambio de uso de suelo a agricultura y ganadería; construcción de bordos que causan azolvamiento aunado a la pérdida de suelos; extracción de tierra de hoja de encino.

El uso de recursos identificado se relaciona al comercio con especies de Quercus. Especies introducidas del crustáceo Cambarellus (Cambarellus) montezumae; de peces como las carpas dorada Carassius auratus y común Cyprinus carpio, la lobina negra Micropterus salmoides, la trucha arco iris Oncorhynchus mykiss, la tilapia negra Oreochromis mossambicus. Para la conservación; se recomienda proteger los espacios de agua frecuentados por aves migratorias; cambiar las prácticas de manejo forestal y de suelo para disminuir azolvamientos.

Estos atributos se traducen en una afectación debida a núcleos con alta densidad de población o donde se manifiestan actividades comerciales y agropecuarias. La falta de criterios por parte de la CONABIO para dicha región y ante la dimensión del proyecto, es la razón de que no se considera una incidencia relevante en la afectación de dicha región por causa de las obras y actividades del proyecto.

La superficie del polígono de proyecto se encuentra inmerso en la Región Hidrológica Prioritaria No. 57 “Cabecera del Río de la Laja”, la vinculación en este caso no se considera relevante porque su estatus no se ve afectado por las obras y actividades del proyecto.

Figura III. 3. Ubicación del proyecto con respecto a las RHP



Sin embargo, el proyecto documentará un procedimiento en el que estipularán los lineamientos para el manejo de residuos en las áreas de generación, para asegurar que este tipo de residuos sean manejados de manera correcta, previniendo que estos se puedan esparcir por las áreas de trabajo.

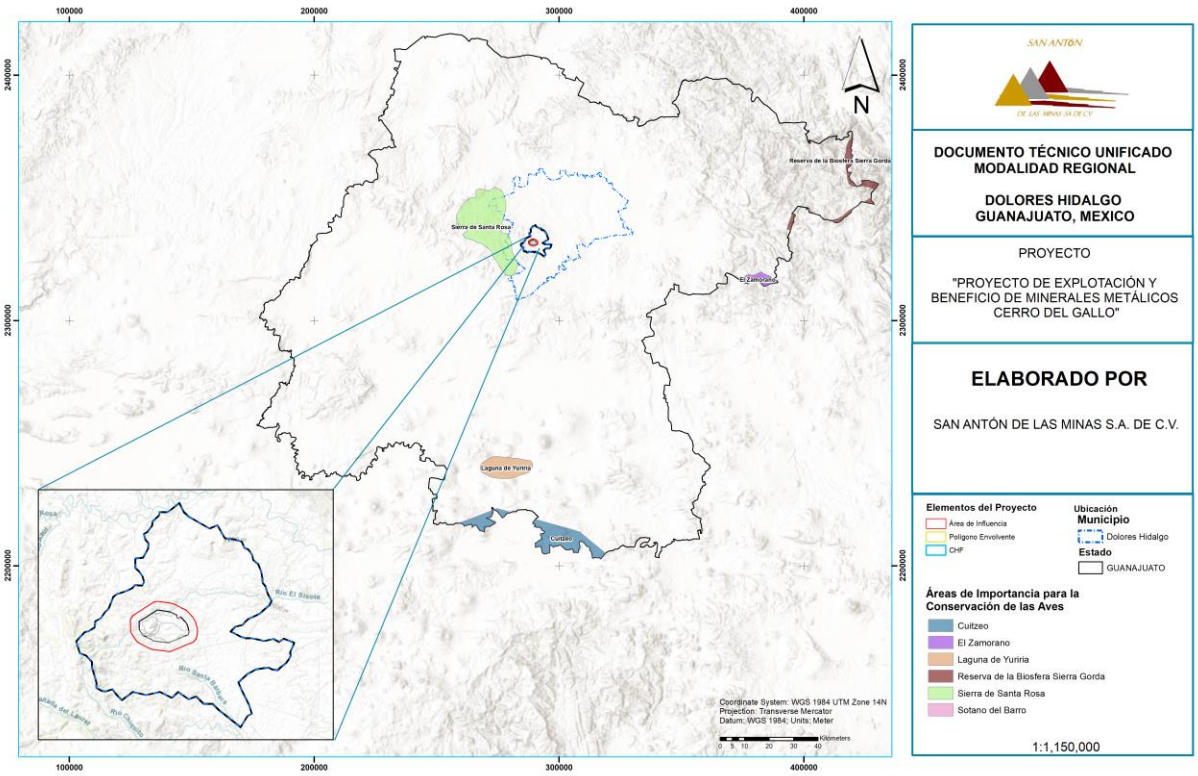
El proyecto NO ocasionará una carga para el acuífero en virtud de que la promovente celebró con los titulares de las concesiones, contratos para la transmisión de los derechos, cuyo volumen de agua será utilizada en el proyecto, previa autorización de la CONAGUA.

3.3.4. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Para las AICAS se relaciona por la relativa cercanía “Sierra de Santa Rosa” (CONABIO C-32) es la que presenta dicho estatus, y relacionándose con los municipios de Dolores

Hidalgo y San Felipe, por lo que debido a su relativa lejanía no se presenta una correspondencia respecto del sitio del proyecto.

Figura III. 4. Ubicación del proyecto con respecto a las AICAS



El proyecto contempla la implementación de un Programa de Manejo de Flora y Fauna el cual tendrá por objeto general implementar un programa de rescate de especies de flora susceptible de reproducirse y reubicarse con la finalidad de compensar la superficie comprometida en el cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales por la implementación del Proyecto **Cerro del Gallo**, Propiedad de la **Compañía San Antón de las Minas S. A. de C.V.** en el municipio de Dolores Hidalgo C.I.N., Guanajuato, México, y en específico:

- Rescatar y reubicar todas aquellas especies de flora que por sus características biológicas tienen la capacidad de reproducirse y utilizarse en el trasplante y reubicación con gran éxito en áreas adyacentes a su ubicación original.

- Rescatar y reubicar los ejemplares de las familias de lento crecimiento, susceptibles de reubicarse.
- Acondicionar áreas de almacenamiento y de acondicionamiento de las especies vegetales para su reubicación.
- Capacitar al personal en la extracción, acondicionamiento y plantación de estas especies.
- Dar cumplimiento a lo propuesto en la MIA-R.
- Reubicar mediante los métodos apropiados aquellos especímenes de reptiles de lento desplazamiento, hacia los sitios de similar condición ambiental y que no se verán perturbados por las acciones del proyecto.
- Asegurar la supervivencia de los individuos y mantenimiento de las especies reubicadas.
- Identificación de ejemplares que podrán proveer semillas que permitan su reproducción y posterior uso en los trabajos de restauración del sitio.
- Definición de las labores de rescate y monitoreo que realizaran con los métodos que garanticen la sobrevivencia del 100% de los ejemplares reubicados o trasplantados.
- Implementar las acciones de ahuyentamiento de las especies de aves, pequeños mamíferos y reptiles durante las acciones de preparación del sitio.
- Implementar acciones de sustentabilidad del proyecto al mantener la biodiversidad de la zona en áreas deficitarias de vegetación nativa.

3.4. Planes o programas de desarrollo urbano Municipales (PDU).

Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato cuenta con un Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de su Municipio (PMDUOET) publicado en el tomo CLVI, número 233, Segunda Parte Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato del 07 de noviembre de 2018.

El PMDUOET, además de constituir uno de los pilares fundamentales del sistema para la planeación del desarrollo de Dolores Hidalgo C.I.N. y el ordenamiento sustentable de su territorio, es el eslabón que permite unificar los objetivos, lineamientos estratégicos y criterios establecidos en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial.

El PMDUOET contribuye a mejorar la calidad de vida de la población mediante el desarrollo sustentable y equilibrado de las zonas del Municipio, lo que implica la comprensión holística de tres sistemas: ecológico- territorial, urbano-social y económico.

Los sistemas económicos, urbano- social y ecológico - territorial, aunque intuitivamente relacionados, tradicionalmente fueron vistos en un primer momento como sistemas de acción independientes, lo cual queda evidenciado por la existencia de múltiples instrumentos de planeación dedicados únicamente a atender cada uno de dichos sistemas.

Este modelo conceptual fue dejado de lado cuando varias ciudades en el mundo reconocieron que tales ámbitos no podían abordarse de manera separada y en su lugar se promovieron sistemas de planeación territorial bajo un segundo modelo que distinguía dos áreas de actuación: la general y la particular. La primera hacía referencia a los temas o conflictos que debían tratarse de manera conjunta, por constituir los puntos de intersección de las tres perspectivas en cuestión; mientras que la segunda representaba el espacio de actuación independiente, en donde las demás visiones no intervenían.

En Dolores Hidalgo C. I.N. con la publicación del presente PMDUOET se pretende alcanzar una planeación integral y sustentable, que se traduzca en bienestar para la población, así con la conservación y mejoramiento de las funciones ambientales y el mantenimiento y desarrollo de las condiciones de soporte de la economía. Uno de los objetivos particulares del PMDUOET, es establecer las bases de una planeación y distribución equilibrada que permita mejorar el nivel y calidad de vida de la población,

propiciando un mejor uso y aprovechamiento del territorio y orientar adecuadamente el crecimiento del municipio. Lo anterior con objeto de mejorar la estructura urbana, proteger el medio ambiente, regular la propiedad urbana y fijar las bases para la programación de acciones, obras y servicios de infraestructura y desarrollo urbano.

El PMDUOET se caracteriza por su rigor metodológico, en su elaboración participaron expertos en las diversas disciplinas relacionadas con el ordenamiento territorial. Para la preparación del documento se aplicaron innovaciones tecnológicas como los sistemas de información geográfica, así como técnicas y metodologías de participación social, y se construyeron consensos sociales de diferente orden. Todas estas acciones otorgan legitimidad al texto que se inicia.

En este marco, el PMDUOET significa el comienzo de un proceso permanente de planeación que incluirá las etapas de ejecución, aplicación, seguimiento y evaluación de diversas políticas públicas de carácter transversal con una dimensión territorial.

El PMDUOET pretende incentivar la inversión privada y la seguridad jurídica para activar las diversas zonas del Dolores Hidalgo C.I.N. mediante políticas consensuadas con los ciudadanos, en busca de un desarrollo sustentable, equitativas y competitivas. En este sentido, el trabajo recoge las demandas y propuestas de diferentes organizaciones y de la ciudadanía en general para impulsar condiciones favorables para la inversión y el empleo, con una visión integral y de largo plazo.

El PMDUOET cumple con los alcances y disposiciones establecidas en el Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato. Para tal fin propone regular el ordenamiento territorial para lo cual determina las políticas, estrategias, acciones, proyectos prioritarios y normas de ocupación urbana para impulsar el crecimiento sustentable del municipio de Dolores Hidalgo C.I.N. acorde con las necesidades de poblamiento y desarrollo futuro.

El objetivo general es plantear un Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial para Dolores Hidalgo C.I.N. que permita establecer los lineamientos para regular los procesos de distribución territorial de la población y sus actividades, considerando la dinámica funcional de los asentamientos humanos, a través del mejoramiento de las formas de acceso a servicios y equipamiento básico, así como la seguridad de la población ante los fenómenos naturales y el uso sustentable de los recursos.

La agenda ambiental identifica los problemas ambientales de la región y categoriza las prioridades de atención, en función de su importancia y de los recursos técnicos, administrativos y financieros disponibles; además se toma en consideración el proceso de participación y los resultados de los procesos de participación pública.

De conformidad con el objetivo de la agenda ambiental, para el caso de Dolores Hidalgo C. I. N. se concentró la información relacionada con el uso del territorio, que incluyó la revisión y análisis de diecisiete instrumentos de planeación en materia ambiental y de cambio climático.

1. Sobre-explotación de los mantos acuíferos, sobre todo por el agua utilizada para la producción agropecuaria, la cual rebasa la capacidad de recarga.

2. Alta deforestación en la Sierra de Santa Rosa, la cual representa una zona de alto valor en biodiversidad y por su importancia para la recarga de los acuíferos

3. Contaminación del suelo por agroquímicos que se emplean en la producción agropecuaria.

4. Las áreas de alto valor ambiental carecen de regulación para ser protegidas en la zona poniente del municipio.

5. Limitaciones en el manejo de residuos sólidos y saturación del sitio de disposición final.

6. Fragmentación de ecosistemas por la preeminencia de las actividades agropecuarias y la presión sobre las zonas forestales.

7. Erosión por derivada de actividades agropecuarias y tala.

8. Pérdida de biodiversidad debido a la afectación de hábitats originales.

9. Cambio de uso del suelo en el entorno de la cabecera municipal con uso agrícola de riego o temporal.

Para la identificación de los problemas urbano-territoriales, se analizaron los resultados de talleres de planeación participativa y de la información obtenida en trabajo de campo.

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato define la estructura urbana que servirá para el desarrollo futuro de la localidad, por medio de la cual deberá darse la ocupación del territorio bajo un modelo sustentable.

Es importante destacar que para Dolores Hidalgo C.I.N. es necesario conservar su función como un centro de comercio regional que da servicio al territorio municipal, así como continuar con los trabajos que permitan consolidarlo como un Pueblo Mágico con relevancia turística, no sólo por la cercanía con San Miguel de Allende, sino también como complemento para la ciudad de Guanajuato, ya que se trata de la localidad más cercana con atractivos regionales de tipo colonial.

Por esa razón, los usos del suelo permiten el desarrollo de diversas actividades económicas relacionadas con el sector terciario e imponen algunas normas de control

para la conservación de la imagen urbana de la localidad, particularmente de su Centro Histórico.

Las políticas de ordenamiento ecológico aplican fuera de los centros de población o áreas urbanas, y se dirigen a mantener los recursos naturales. El PMDUOET incluye 5 políticas que son las siguientes:

- Área natural protegida: Zonas sobre /as que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requiere ser preservada o restaurada.

- Protección: En las zonas donde se aplica esta política se busca salvaguardar /as áreas de flora y fauna relevantes, dadas sus características, biodiversidad, bienes y servicios ambientales, tipo de vegetación o presencia de especies con algún status en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para lograr dicha salvaguarda, el aprovechamiento deber ser limitado, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de /os procesos evolutivos y ecológicos. Además, para garantizar un beneficio a /os dueños o poseedores de /os terrenos en cuestión, se permite bajo ciertas condiciones el uso con fines recreativos, científicos o ecológicos. No se recomiendan actividades productivas o asentamientos humanos no controlados.

- Conservación: Tiene como objetivo mantener /as estructuras y los procesos en aquellas áreas con elevada biodiversidad e importantes bienes y servicios ambientales, cuyos usos actuales o /os que se proponen no interfieren con sus funciones ecológicas relevantes y donde el nivel de degradación ambiental no ha alcanzado valores significativos. La prioridad es reorientar la actividad productiva hacia el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, reduciendo o anulando la presión sobre ellos. Se fomenta en ciertas áreas la actividad forestal para la extracción de productos maderables y no maderables.

- Restauración: Es una política transitoria dirigida a zonas que por la presión de diversas actividades antropogénico o de cambio climático han sufrido degradación en la estructura o función de sus ecosistemas y en las cuales es necesario restablecer las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales inherentes. Logrado dicho objetivo, se aplica alguna otra política, preferentemente de protección o conservación.

- Aprovechamiento sustentable: Esta política se asigna a aquellas zonas que, por sus características, son aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y que no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con elevada aptitud actual o potencial para varías actividades productivas como el desarrollo urbano y las actividades agrícolas, pecuarias, comerciales, extractivas, turísticas e industriales. Se propone además que el uso y aprovechamiento actual se reoriente a la diversificación de actividades de modo que se registre el menor impacto negativo al medio ambiente.

Este conjunto de políticas, se aplica al ámbito urbano e incluyen el conjunto de medidas tendientes a la administración y organización del territorio en un marco de sustentabilidad. De acuerdo con el PMDUOET, en Dolores Hidalgo C. I.N. aplican las políticas de mejoramiento, conservación urbana, consolidación y crecimiento urbano, que se definen de la manera siguiente:

- Mejoramiento: Con esta política se busca renovar las zonas deterioradas física y/o funcionalmente o en incipiente desarrollo hacia el interior de los centros de población. Asimismo, busca reordenar dichos asentamientos reduciendo la incompatibilidad en los usos y destinos del suelo.

- Conservación urbana. Tiene como propósito mantener en óptimo funcionamiento la infraestructura, equipamiento urbano e instalaciones para la prestación de servicios públicos; preservar las edificaciones, monumentos públicos, áreas verdes y jardines, y el

patrimonio cultural o arquitectónico; así como proteger y/o restaurar las condiciones ambientales de los centros de población.

- Consolidación urbana. Está orientada a incrementar tanto la densidad poblacional como el coeficiente

El proyecto pretendido, se localiza en el municipio de Dolores Hidalgo CIN. Según el artículo 14 del Reglamento de la Ley de Planeación para el Estado de Guanajuato se localiza en la Región Norte II, Subregión 4. Por la aplicación del método para el diseño de las Unidades de Gestión Ambiental y Territorial, se ubica en la UGAT número DOL-078 cuya superficie asciende a 1970.46 ha. La política de ordenamiento ecológico corresponde a Restauración ecológica dentro del Grupo con Clave 3210, en un ecosistema o actividad dominante definida como “Zonas agropecuarias y sin vegetación con vocación forestal con fragmentos de ecosistemas perturbados”, la superficie de ecosistema perturbado es mayor al 35% y el lineamiento definido consiste en “Recuperar los terrenos con vocación forestal ocupados por actividades agropecuarias o sin vegetación / Recuperar los ecosistemas perturbados / Aprovechar de manera sustentable los terrenos con vocación agropecuaria”.

Las estrategias plasmadas en el PMDUOET, de acuerdo a la apertura programática del, se presentan en la tabla que le sigue:

Tabla III. 4. Estrategias aplicables a la UGAT GOL-078 en el PMDUOET.

ESTRATEGIA PMDUOET		
CLAVE	**NOMBRE**	**OBJETIVO**
E01	Cobertura en Salud	Incrementar la esperanza de vida y la salud integral
E03	Equipamiento socio-organizativo en zonas marginadas	Incrementar los factores del desarrollo humano y social, y reducir la marginación.
E04	Atención a grupos vulnerables	Incrementar la atención a los grupos en riesgo y en condición de vulnerabilidad
E14	Tratamiento de aguas residuales	Disminuir el nivel de contaminación de las aguas residuales que son vertidas a los afluentes.
E17	Cobertura Educativa	Incrementar la cobertura, la permanencia, pertinencia y calidad de los procesos educativos.

ESTRATEGIA PMDUOET		
CLAVE	**NOMBRE**	**OBJETIVO**
E05	Promoción del ecoturismo	Generar alternativas de ingresos para las poblaciones locales que ofrecen a los visitantes belleza escénicas y actividades de contacto con la naturaleza, que además promueven el conocimiento y aprecio de la naturaleza en los visitantes y el interés de los locales por mantener en buen estado sus recursos naturales.
E06	Desarrollo del senderismo interpretativo	Fomentar actividades ecoturísticas de bajo impacto como: actividades productivas sustitutas de las actividades agropecuarias o forestales; y difundir el esfuerzo de protección y conservación de los recursos naturales acercando los visitantes a la naturaleza.
E07	Impulso al turismo de aventura extremo	Fomentar proyectos de turismo extremo o de aventura como alternativas productivas sustitutas de las actividades agropecuarias o forestales, difundiendo el papel de esparcimiento de las áreas naturales en el respecto al medio ambiente
E08	Fomento de la fruticultura	Promover el cultivo de especies leñosas y semileñosas productoras de frutas, aplicando tecnologías basadas en principios biológicos y fisiológicos
E10	Fomento de la apicultura	Impulsar el desarrollo de la apicultura considerando mejorar el ingreso de los productores y optimizar el proceso de producción mediante buenas practicas, asociadas a la tecnificación del proceso productivo y la conservación de los ecosistemas y agro ecosistemas referentes a la obtención de la miel
E11	Promoción de la agricultura orgánica	Promover el desarrollo de la agricultura orgánica como sistema de producción ecológicamente sostenible, libre de contaminación y económicamente viable en el Estado
E20	Educación científica y tecnológica	Motivar la vocación científica y tecnológica en los alumnos de educación básica, media superior y superior
E21	Impulso al desarrollo de plantaciones forestales comerciales	Establecer plantaciones forestales comerciales para madera, árboles navideños, ornamentales, resina y celulosa.
E22	Fomento de la Agroforestería	Promover el desarrollo de sistemas productivos que integren el aprovechamiento forestal, ganadería y pastizales o forrajes, en una misma unidad productiva; facilitando la transición de los sistemas actuales al nuevo esquema propuesto
E23	Reconversión productiva de actividades pecuarias a forestales	Cambiar hacia el aprovechamiento forestal aquellas áreas cuya actividad pecuaria perturba el medio natural.
E24	Reconversión productiva de actividades pecuarias a forestales	Trasformar las actividades agrícolas en forestales, en aquellas zonas donde el impacto ambiental de las primeras es negativo y/o genera rendimientos insuficientes.
E25	Aumento de productividad agrícola	Mejorar los ingresos de los productores agrícolas mediante la introducción de ecotecnias y adopción de mejores prácticas que aumenten los rendimientos y disminuyan los impactos
E27	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales por poseedores de la tierra	Convertir las actividades productivas de los poseedores de las tierras en actividades amigables al ambiente mediante la adopción de ecotecnias, reconversión productiva y/o realización de actividades de mitigación de los impactos ambientales.
E29	Fomento de las organizaciones productivas	Promover el establecimiento de figuras asociativas de productores para que aumenten sus capacidades de producción, desarrollen cadenas productivas y que estén en mejores condiciones de negociación de créditos, precios, apoyos, etc.

ESTRATEGIA PMDUOET		
CLAVE	**NOMBRE**	**OBJETIVO**
E30	Fomento de la asociación de actividades agropecuarias	Fortalecer los sectores agrícola y ganadera mediante formas de manejo que permitan la asociación de actividades en las unidades de producción y beneficien el ingreso de los productores a través de la diversificación de los productos.
E31	Reubicación progresiva de la ganadería	Cambiar paulatinamente la localización de las áreas de aprovechamiento ganadero hacia áreas de concentración, si la perturbación al ambiente daña de manera importante los bienes y servicios ambientales, reduciendo al mínimo el impacto socioeconómico a las comunidades que viven de dicha actividad. Restaurar simultáneamente las áreas recuperadas de la ganadería.
E42	Pago de servicios ambientales por captura de carbono	Contribuir a mitigar la emisión global de CO^2 incrementando la masa forestal destinada a la captación de carbono en los tejidos vegetales.
E44	Fomento de ecotecnias	Reducir el impacto causado en el ambiente por las actividades humanas por medio del empleo de técnicas ecológicas.
E45	Conservación de suelos	Modificar las practicas productivas que redundan en la pérdida o contaminación de los suelos.
E46	Reducción de la erosión	Mitigar la erosión mediante aplicación de medidas de restauración, además de las medidas de prevención.
E51	Protección y recuperación de fauna en riesgo	Articular los esfuerzos del Gobierno Federal y Estatal junto con diversos sectores de la sociedad, en la conservación y recuperación de las especies de fauna en riesgo.
E52	Restauración ecológica	Restaurar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia de los ecosistemas degradados a las condiciones naturales presentadas previos a su deterioro.
E53	Rescate y restauración de ecosistemas ribereños	Promover al rescate, conservación y restauración de los ecosistemas ribereños, así como sus fundaciones ecológicas y beneficios ambientales en un marco de desarrollo sustentable.
E54	Prevención o reducción en la fragmentación de los ecosistemas	Frenar los asentamientos humanos y aprovechamientos que retiran la cubierta vegetal natural.
E56	Impulso a las actividades de vigilancia forestal	Implementar comités capacitados y debidamente acreditados -por las autoridades ambientales competentes- para la vigilancia forestal; conformados preferentemente por personas de los ejidos.
E58	Combate a incendios forestales	Evitar y/o disminuir los incendios forestales generados a consecuencia de causas naturales y por la mano del hombre.
E60	Fomento establecimiento de UMA	Establecer aprovechamientos de especies silvestres mediante la figura de Unidades de Manejo Ambiental en aquellos sitios que es benéfico conservarlas.
E61	Establecimientos de corredores biológicos	Establecer zonas que por su grado o necesidad de conversación facilitan el flujo de poblaciones entre áreas bien conservadas que están en riesgo de aislarse.
E65	Investigación ecológica	Mejorar el conocimiento del entorno ambiental incluidas disciplinas como: estudios de fauna, flora y sus dinámicas poblacionales, climatología, edafología, geomorfología, desarrollo socioeconómico, agua, entre otras.
E68	Prevención de riesgos	Disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones locales que se encuentran ubicadas en zonas de riesgo.

Vinculación: Si se analizan de manera conjunta las estrategias, se observa una coherencia entre el desarrollo humano, económico, urbano con perspectiva de región y natural. Se parte de la educación y una estructura de comercialización que valorice los productos, para pasar a la reconversión de los sectores económicos mediante el fomento a las actividades generadoras de riqueza ubicadas en zonas aptas y la reubicación progresiva de aquellas que se desarrollan en ambientes no aptos. Las estrategias sociales y económicas se vinculan directamente con el subsistema natural, ya que se observa la búsqueda de la protección y fomento de los recursos naturales, para lograr la funcionalidad de la estructura del sistema ambiental original.

Se observa también, que, desde la formulación del Programa, se conocía la problemática global en el territorio que hoy ocupa la UGAT número DOL-078 ya que al comparar su territorio con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV, el 40.0% de la superficie sustenta pastizal inducido asociado con vegetación secundaria; el 17.4%, corresponde a terrenos dedicados a la agricultura y ganadería; el 7.9% a pastizal natural perturbado con vegetación secundaria arbustiva; el 2.9% a pastizal natural desprovisto de vegetación leñosa y el 31.8% a bosque de encino perturbado en fase secundaria. Es decir, en el 100% de la UGAT no se encuentran asociaciones vegetales naturales con un estado de conservación aceptable, pues las actividades económicas de la zona son agricultura, ganadería y explotación de minerales no metálicos.

Criterios de regulación ambiental

Al analizar los “Criterios de regulación ambiental” cuya función es que normar los diversos usos de suelo en lo relativo a ordenamiento sustentable del territorio, en la UGAT DOL-078, deben aplicarse 46 criterios enfocados a normar el uso del suelo, aplicables a los diversos sectores.

Para una mejor explicación, en el cuadro siguiente se desglosan los criterios por sector.

Tabla III. 8. Criterios de regulación ambiental aplicables a la UGAT GOL-078 en el PMDUOET.

Clave	Descripción
Asentamientos humanos	
Ah03	El coeficiente de urbanización de la UGAT se mantendrá por debajo del 7.5% y sólo se permitirá la construcción de asentamientos humanos resultado del crecimiento natural de las comunidades locales.
Ah10	Los asentamientos humanos se instalarán en zonas aledañas a las poblaciones locales, evitando la creación de nuevos centros de población.
Ah11	Los asentamientos humanos se construirán sin reducir las áreas ocupadas por los ecosistemas y sin generar disturbios que modifiquen los hábitos de la fauna de estos ecosistemas.
Ah12	Se evitará la disposición de desechos sólidos en barrancas, escurrimientos, predios baldíos, tiraderos a cielo abierto o la quema de los mismos, destinando los mismos a un centro de acopio de residuos, para prevenir impactos al ambiente.
Ah13	El desarrollo de asentamientos humanos evitará las zonas propensas a riesgos geológicos e hidrometeorológicos.
Agricultura de temporal	
At01	En las unidades de producción donde se cultiven especies anuales se establecerá un cultivo de cobertura al final de cada ciclo del cultivo que será incorporado como abono verde o bien utilizado como forraje para el ciclo siguiente. Estas especies pueden ser algunas leguminosas como garbanzo, chícharo, trébol dulce o frijol terciopelo; cereales como trigo, centeno, avena, o bien podrá aplicarse alguna mezcla como avena más trébol.
At02	En pendientes suaves (menores a 10%) se recomienda la utilización de canales de desvío y surcados en contorno para reducir la escorrentía superficial, y de la misma manera evitar la erosión del suelo a mediano plazo.
At03	En pendientes moderadas (10 – 30%), se recomienda introducir cultivos perennes o sistemas agroforestales.
At04	El uso de plaguicidas, nutrientes vegetales y todos los aspectos fitosanitarios deberán estar regulados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Toxicas (CICLOPLAFEST)
At05	Se deberá evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas derivada del uso inadecuado de agroquímicos o mala disposición final de envases o residuos de los mismos, evitando la escorrentía de plaguicidas y fertilizantes hacia las aguas superficiales; en el caso de las aguas subterráneas se deberá evitar procesos de acumulación de partículas como el nitrógeno, fósforo y nitratos utilizadas en las prácticas agrícolas, que probablemente llegarán a las aguas subterráneas por procesos de lixiviación.
At06	A fin de reducir el lavado de nitratos, se mantendrá la máxima cobertura vegetal, se reducirá el laboreo en otoño, se evitará la quema de esquilmos, se enterrarán pajas y residuos y se limitarán las poblaciones de ganado en praderas fertilizadas.
At07	Cuando se incorporen desechos biológicos al terreno de cultivo, se les aplicarán tratamientos fitosanitarios para que éstos no representen riesgos de contaminación al producto. Estos tratamientos podrán ser químicos o naturales (solarización o desinfección por vapor de agua).
At08	Las prácticas agrícolas como barbecho, surcado y terraceo, deben realizarse en sentido perpendicular a la pendiente.
At09	Se fomentará la técnica agrícola denominada labranza de conservación, como medida para controlar la erosión de los suelos y la quema de esquilmos. Esta técnica consiste en incorporar la materia orgánica, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo los costos de producción mediante labranzas.
At10	La agricultura deberá realizarse evitando la degradación de los suelos por erosión o por modificación de sus características fisicoquímicas y sin afectar la biodiversidad de los ecosistemas de la UGAT.
At11	En las áreas con vocación forestal que presenten pendientes mayores a 30% sujetas a aprovechamiento agropecuario, se deberá restablecer la cobertura vegetal natural con especies nativas.
At12	Se limitará la agricultura en cualquiera de sus modalidades para evitar el avance de la frontera agrícola sobre terrenos que conserven vegetación nativa.
At13	Las actividades agrícolas deberán desarrollarse sin afectar las zonas sujetas a restauración ecológica.
Conservación	
Co01	Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.
Forestal no maderable	

Clave	Descripción
Fn01	En temporada adecuada, se permitirá la recolección de hongos, frutos, semillas, partes vegetativas y especímenes completos no maderables para fines de autoconsumo, en concordancia con los usos y costumbres de la población rural, bajo supervisión de técnicos capacitados, evitando así impactos a la biodiversidad.
Fn02	En áreas con pendientes mayores a 30% se conservará, o en su caso, se restaurará la vegetación nativa, evitando llevar a cabo aprovechamientos forestales tanto maderables como no maderables
Fn03	Los aprovechamientos forestales no maderables se realizarán al exterior de zonas que se encuentren bajo restauración ecológica.
Forestal maderable	
Fo02	Las medidas de prevención de incendios forestales, tales como brechas cortafuego y líneas negras, quemas prescritas y controladas, se complementarán con técnicas de chaponeo, deshierbe y cajeteo, siempre bajo autorización y supervisión de las autoridades competentes.
Fo03	Los aprovechamientos forestales se desarrollarán en zonas con pendientes menores a 45% con el fin de no aumentar la erosión de los suelos.
Fo04	Las unidades de producción forestal contarán con un Programa de Manejo autorizado por SEMARNAT a través de la evaluación de impacto ambiental correspondiente.
Fo05	Los aprovechamientos forestales deberán garantizar la permanencia de corredores biológicos y zonas de reproducción de la fauna silvestre, definiendo las zonas de vegetación nativa que serán conservadas.
Fo06	En áreas con pendientes mayores a 45% se deberá conservar, o en su caso, restaurar la vegetación nativa.
Fo07	Los aprovechamientos forestales y la apertura de caminos forestales deberán evitar la modificación u obstrucción de corrientes de agua superficiales y subterráneas. Los proyectos de modificación declarados por la autoridad competente como imprescindibles deberán demostrar el mantenimiento del cauce natural y garantizar que no se afecte el equilibrio hídrico.
Fo08	El uso de maquinaria pesada en zonas de aprovechamiento forestal será nulo.
Fo09	El control y combate de plagas y enfermedades deberá realizarse a través de métodos mecánicos y físicos como: derribo, descortezado de árboles, enterramiento y quema de material contaminado, y otro tipo de técnicas dependiendo de la enfermedad o plaga de que se trate. El último recurso a utilizar será el uso de químicos, y el control biológico de plagas forestales necesitará ser sustentado por los estudios técnicos y científicos correspondientes.
Fo10	Las zonas sujetas a restauración ecológica como zonas con ecosistemas perturbados y predios deforestados con vocación forestal, se mantendrán como zonas de exclusión para el aprovechamiento forestal hasta ser restauradas.
Ganadería	
Ga03	El libre pastoreo deberá realizarse preservando la composición florística de los ecosistemas, evitando la degradación de los suelos por pisoteo y minimizando los disturbios que afecten a la fauna.
Ga04	Se realizarán obras de restauración para suelos compactados y erosionados en los predios que han sufrido este suceso por las actividades pecuarias. Se hará con especies nativas de la región y con un plan de manejo establecido.
Ga05	Las actividades pecuarias se realizarán sin comprometer la regeneración natural de los ecosistemas ni la restauración ecológica de ecosistemas degradados y terrenos de vocación forestal.
Infraestructura	
If01	Se permitirá la instalación de infraestructura de disposición lineal evitando los impactos significativos sobre el uso de suelo agrícola
If02	Las carreteras existentes y las nuevas obras deberán contar con los pasos de fauna subterráneos suficientes para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar el éxito de los mismos.
If04	La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje.
If05	El emplazamiento de infraestructura de ser posible, se realizará sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zonas agrícolas.
Industria	
In10	Se evitará el desarrollo industrial en zonas de protección, conservación y sujetas a restauración ecológica.
Minería no metálica	
Mn01	La explotación de materiales pétreos evitará la reducción de la cobertura vegetal.

Clave	Descripción
Mn02	Los predios sujetos a extracción de materiales pétreos para construcción contarán con programa de seguimiento de las medidas de mitigación ambiental definidas en el resolutivo de las manifestaciones de impacto ambiental avalado por la autoridad competente.
Mn03	Se garantizará la restauración total del sitio de explotación una vez finalizada la explotación concesionada.
Turismo	
Tu02	Las actividades turísticas no generarán disturbios a la biodiversidad o a los ecosistemas
Tu03	Las obras relacionadas con la actividad turística se realizarán sin afectar los ecosistemas, manteniendo la vegetación, a fin de no afectar el paisaje.
Tu04	Las actividades turísticas realizadas en la UGAT estarán relacionadas con proyectos ecoturísticos, turismo de aventura, extremo o rural, evitando proyectos de turismo convencional que impacten negativamente a los recursos naturales.
Tu05	Las actividades turísticas se desarrollarán sin afectar las acciones aplicadas en zonas sujetas a restauración ecológica

Vinculación: Como se observa en el cuadro anterior, 14 criterios van dirigidos a regular las actividades inherentes a la agricultura de temporal, pues como se comentó en el escenario óptimo, se pretende reconvertir el modelo extensivo a intensivo siempre y cuando exista la vocación del suelo.

Nueve criterios se dirigen al sector forestal maderable ya que, en el escenario óptimo o ideal, primeramente, se permitirá el aprovechamiento con autorizaciones y a la par se realizarán plantaciones con especies forestales comerciales, para alcanzar que por lo menos el 80% del aprovechamiento se dé en bosques cultivados a partir de plantaciones.

Cinco criterios incidirán en los asentamientos humanos, la UGAT cuenta con un índice de urbanización de aproximadamente 7.5%, el cual se pretende mantener mediante la regulación de los nuevos asentamientos humanos, previendo que éstos se integren a los existentes.

Para el sector infraestructura se aplicarán 4 criterios, todos para fomentar y asegurar corredores biológicos, evitar la fragmentación y proteger el suelo con uso agrícola.

Para el turismo igualmente se aplican 4 criterios, todos encaminados a evitar desarrollos turísticos convencionales para proteger la diversidad biológica y el paisaje.

El sector forestal no maderable, se regula a través de 3 criterios; por un lado, se permite el aprovechamiento de hongos, frutos, semillas, partes vegetativas y especímenes completos para fines de autoconsumo; para aprovechamientos no maderables de otro tipo, se restringen a suelos con pendientes menores al 30% y a zonas que no estén en un proceso de restauración.

La ganadería, también es regulada a través de 3 criterios. Controla el libre pastoreo para proteger la flora y el suelo; prevé la restauración de sitios afectados por compactación y restringe la actividad a fin de proteger la regeneración natural y los recursos de las áreas restauradas (vegetación y suelo).

El sector minero no metálico, es regulado por tres criterios de regulación ambiental, todos dirigidos a proteger la vegetación y asegurar las prácticas ambientales que eviten los impactos y aseguren la restauración al final de la vida de la operación.

- La explotación de materiales pétreos, evitará la reducción de la cobertura vegetal.
- Los predios sujetos a extracción de materiales pétreos para construcción contarán con programa de seguimiento de las medidas de mitigación ambiental definidas en el resolutivo de las manifestaciones de impacto ambiental avalado por la autoridad competente.
- Se garantizará la restauración total del sitio de explotación una vez finalizada la explotación concesionada.

Para conservación, será aplicable 1 criterio, que también es el único previsto en el PEDUOET, es genérico ya que no establece formas de aplicación: “Cualquier actividad productiva a realizar en la UGAT, deberá garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad”.

Por último, para el sector industrial se establece 1 criterio, éste es prohibitivo en razón de la política de la UGAT (restauración) y evita el desarrollo industrial en zonas de protección, conservación y sujetas a restauración. Aunque no puede vincularse la política

de restauración a zonas de restauración, pues aún en las UGAT con política de aprovechamiento sustentable existirán zonas en procesos de restauración, donde la industria deberá estar localizada en parques industriales con servicios adecuados.

Vinculación. Como resultado del análisis del lineamiento, las estrategias y criterios de regulación ambiental contenidas en el PMDUOET, se concluye lo siguiente:

El Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial para Dolores Hidalgo C.I.N. es un instrumento de planeación estratégica, vinculante jurídicamente para las personas físicas y morales que pretendan desarrollar obras o actividades de cualquier índole. Se estructuró considerando un desarrollo económico y social sustentable y redituable.

La minería metálica se analizó en cuanto a problemática, conflictos, crecimiento, etc. Formó parte de los sectores analizados en los escenarios tendenciales, sin llegar a configurar un obstáculo para el desarrollo económico, social y territorial sustentable, por lo que, para el sector, no se definieron instrumentos de política (medidas, mecanismos y disposiciones de orden jurídico, técnico o administrativo) a fin de institucionalizar, ejecutar, controlar y evaluar los resultados del PMDUOET. Dichos instrumentos de política, para la fase de ejecución, consisten en los lineamientos u objetivos que han sido definidos para cada UGAT; los criterios de regulación definidos para cada UGAT, a fin de apoyar la gestión y toma de decisiones a nivel operativo, lo que permitirá asegurar el control y apego a las políticas y lineamientos que fueron definidos; las estrategias y acciones para asegurar el logro de las metas definidas para cada UGAT y los criterios de regulación ya sea generales o específicos que norman los diversos usos de suelo en lo relativo a ordenamiento sustentable del territorio, por ello se considera que el proyecto no se contrapone con el PMDUOET.

El proyecto, al no contraponerse al PMDUOET, si puede ser un detonador de la ejecución de las acciones definidas para la UGAT DOL-078, pues como se observará en el Capítulo

VI de la MIA-R, existen medidas para fomentar y proteger los recursos naturales del área de influencia del proyecto, adicionalmente se prevé el cumplimiento irrestricto de la normatividad que le aplica incluida la del ámbito estatal y municipal, además de prevé un cierre, postcierre y monitoreo que asegure la salud del sistema ambiental en el abandono.

El proyecto impulsará en mayor medida el desarrollo de las localidades rurales del municipio, al tratarse de una actividad de minería metálica, la cual permitirá darles un mayor valor agregado, lo cual generará mejores oportunidades de empleo como demuestra el caso de algunas empresas ya existentes. Asimismo, permitirá la diversificación adecuada de las actividades, con lo que, se podrá garantizar un mejor desarrollo económico de la región.

3.5. Normas Oficiales Mexicanas.

En su artículo 5° la Ley faculta a la SEMARNAT para que elabore Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y vigile su cumplimiento en los términos de la misma Ley, con el auxilio de la Secretaría de Salud, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Comisión Nacional del Agua y las demás autoridades competentes, de acuerdo con lo que establece la Sección IX de la LGEEPA. En este sentido, el complejo minero **"CERRO DEL GALLO"** cumplirá su función previniendo cualquier tipo de deterioro ambiental relacionado con el proyecto.

Se plantea, además, que toda área en la que se manejan sustancias peligrosas con susceptibilidad o riesgo para el ambiente o salud pública deberá contar con las medidas de seguridad necesarias a efecto de reunir las condiciones para evitar:

- La contaminación del suelo.
- Alteraciones en las características físicas de los suelos.
- Alteraciones en el aprovechamiento, uso o explotación del suelo.
- Contaminación de cuerpos de agua.
- Afectación a la salud pública.
- Ingesta de sustancias por aves.
- Alteración de la calidad del aire.

En las Medidas de Mitigación descritas en la presente MIA-R, se presentan una serie de acciones para evitar este tipo de contaminación, cuyas regulaciones emanan de Normas Oficiales Mexicanas específicas.

A continuación, se presenta el análisis de cumplimiento con las normas oficiales vigentes en materia de contaminación del agua, contaminación del aire, residuos peligrosos, contaminación por ruido, contaminación de suelo, recursos naturales y especies en riesgo, algunas de ellas, relacionadas con la construcción y operación del proyecto, o con la protección de los ecosistemas de la región en que se ubica.

3.5.1. Fuentes móviles

NOM-041-SEMARNAT-2015: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Vinculación: Debido a la ubicación del proyecto minero **"CERRO DEL GALLO"**, las actividades que éste realiza, hacen necesario el uso de vehículos para el transporte del personal y el desempeño de sus labores.

Para ello, la "CERRO DEL GALLO" contará o contratará un taller especializado que dé mantenimiento preventivo a la flota de vehículos, dentro del que se incluye la afinación, permitiendo que los vehículos utilitarios emitan la menor cantidad de contaminantes normados: hidrocarburos totales, metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas.

NOM-045-SEMARNAT-2017: Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.

Vinculación: Esta norma excluye de su aplicación a la maquinaria equipada con motores a diésel empleada en las actividades de la construcción y de la minería. No obstante, al igual que la norma anterior, a todos los vehículos y equipo utilizado para mantener la operación de **"CERRO DEL GALLO"** y aquél a utilizar en la construcción de las obras, se le dará mantenimiento preventivo y correctivo a fin de minimizar las emisiones contaminantes.

NOM-050-SEMARNAT-1993: Niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como

combustible.

Vinculación: Durante la operación y construcción de las obras y actividades del proyecto, se dará cumplimiento a esta norma a través de la aplicación del programa de mantenimiento preventivo que se diseñará y aplicará**,** inclusive a los vehículos utilizados para el transporte de mineral dentro de la mina.

Este mantenimiento se llevará a cabo en talleres propios o de contratistas del Complejo minero o a través de estaciones de carburación.

3.5.2. Aire y ruido

NOM-081- SEMARNAT-1994: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Vinculación: En cumplimiento a esta norma, **"CERRO DEL GALLO"** realizará los estudios que permitan conocer el nivel emitido hacia el ambiente. Es decir, de los procesos cuyas actividades productivas se encuentran en operación, se contará con las medidas necesarias para cumplir con el nivel sonoro permitido por la norma, así como de los estudios que lo comprueban.

Aunado a esta medida, se manifiesta que, durante las actividades de explotación y construcción, se evitará el uso de maquinaria o equipo ruidoso. Así mismo, las instalaciones a construirse cumplirán con los niveles de ruido permitidos por la norma.

Una vez que se concluya la construcción del proyecto o se vaya avanzando en ello, se continuara con los estudios de ruido que esta norma obliga, de forma que se tenga la certeza de su cumplimiento, en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para la atenuación de ruido.

NOM-043- SEMARNAT- 1993: Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmosfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Vinculación: "CERRO DEL GALLO" se encuentra dentro de una zona crítica conforme y toda vez que la **"CERRO DEL GALLO"** está clasificada como Fuente Fija, para ello, tramitará la Licencia Ambiental Única a nivel Federal; y bajo la cual, anualmente se presentará ante la SEMARNAT las Cédulas de Operación Anual de los equipos emisores de contaminantes que se tengan en operación.

Dentro de estos documentos se reportarán los equipos que obliga esta norma, así como los resultados de las mediciones realizadas durante el año inmediato anterior. Los equipos una vez que estén operando, se realizarán las mediciones que la norma establece y verificará su cumplimiento, reportando los resultados anualmente.

NOM-085- SEMARNAT- 2011: Contaminación atmosférica - Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.

Vinculación: "CERRO DEL GALLO" está clasificada como Fuente Fija, para ello, tramitará la Licencia Ambiental Única a nivel Federal; y bajo la cual, anualmente se presentará ante la SEMARNAT las Cédulas de Operación Anual de los equipos emisores de contaminantes que se tengan en operación. Dentro de estos documentos se reportan los equipos que obliga esta norma, así como los resultados de las mediciones realizadas durante el año inmediato anterior.

3.5.3. Residuos y materiales peligrosos

NOM-052- SEMARNAT-2005: Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Vinculación: Los residuos generados por el **"CERRO DEL GALLO"** estarán

clasificados conforme a esta norma, para ello, los residuos identificados son: anticongelante gastado, agua contaminada con hidrocarburos, productos químicos caducos, contenedores vacíos que contuvieron sustancias químicas peligrosas, tierra contaminada con hidrocarburos, sólidos con metales pesados, aceites lubricantes usados, baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio, lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio, sólidos impregnados con hidrocarburos, baterías automotrices, grasas y aceites de mantenimiento a maquinaria y residuos de pintura, sólidos.

Los residuos estarán almacenados en el almacén temporal de residuos peligrosos, y dispuestos de manera regular (mínimo cada 6 meses) por medio de empresas autorizadas por la SEMARNAT para el transporte y disposición final.

La disposición estará conforme a la normatividad en la materia, manteniendo manifiestos de entrega, transporte y recepción, así como su debido registro en el Plan de manejo autorizado y la Cédula de operación anual.

NOM-138- SEMARNAT /SSA1- 2012: Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

Vinculación: Durante la operación del proyecto, se aplicarán procedimientos para la atención a derrames de materiales y sustancias peligrosas, mismos que serán colectados y dispuestos como residuos peligrosos.

Durante las distintas etapas del proyecto, en el caso de algún derrame accidental de hidrocarburo, aceite o alguna sustancia considerada como peligrosa por esta NOM, será el contratista, bajo la supervisión del promovente, el responsable de su manejo.

La supervisión ambiental en los frentes de obra incluirá personal capacitado para

reconocer la peligrosidad de los residuos y su adecuado manejo, así como, su capacidad de reacción para el caso de un derrame accidental.

De darse el caso, y de presentar suelos contaminados por hidrocarburos, se llevará a cabo un muestreo de acuerdo con esta norma, y se dispondrán conforme a los resultados obtenidos. Cuando sea un derrame o volumen mayor a 1 m^3, se dará aviso a la SEMARNAT para su conocimiento.

3.5.4. Aguas residuales

NOM-001-SEMARNAT-1996: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas nacionales y bienes nacionales.

NOM-003-SEMARNAT-1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Vinculación: El proyecto **No prevé** descargas de aguas residuales durante las diferentes etapas del proyecto derivado de sus operaciones, solo descargas de aguas grises de los servicios al personal.

Para la etapa de preparación del sitio y construcción se utilizarán sanitarios portátiles. El tratamiento y disposición de dichas aguas residuales correrá a cargo de la empresa contratada para tal efecto, o en su defecto, vertidas y tratadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Durante la explotación y beneficio, las aguas grises residuales serán conducidas a los sistemas de drenaje que se diseñen hacia fosas sépticas.

3.5.5. Protección de la vida silvestre y biodiversidad

NOM-059- SEMARNAT-2010: Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Vinculación: Es importante destacar que la NOM que nos ocupa únicamente enlista las especies incluidas en ésta y su estatus, no dispone especificación alguna en su manejo o protección.

Derivado de los muestreos de campo en el sistema ambiental regional, no se identificaron especies de flora protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Sin embargo, se proponen las medidas de mitigación, prevención, control y compensación siguientes:

- Implementación de un programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, así como de Flora, los cuales serán implementados en todas aquellas áreas que implicarán el desarrollo de obras o actividades de este proyecto.

- Implementación de un programa de Reforestación, restauración y compensación.

Ejecución de un Plan de Cierre (Restauración Ecológica) de la **“CERRO DEL GALLO”** una vez agotada la vida útil del desarrollo del proyecto, con la implementación de acciones de manejo de suelo y flora silvestre nativa.

3.5.6. Residuos mineros

NOM-157- SEMARNAT-2009: Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

Vinculación: El proyecto **“CERRO DEL GALLO”** elaborará y aplicará planes de manejo de residuos mineros, de manejo especial y peligrosos, dentro de los cuales se

identifican los residuos que se generan.

Se integrarán los residuos generados a los diferentes planes de manejo, sea de residuos de manejo especial, peligrosos o mineros. Por lo cual, las condiciones de clasificación y manejo de residuos dentro de la instalación estará controlado, y para el caso de la operación y explotación del proyecto, no será la excepción, teniendo que cumplir con estas normas en cada uno de sus apartados en la clasificación, manejo y disposición por parte de los contratistas en la **"CERRO DEL GALLO"** como Promovente de la obra.

NOM-161- SEMARNAT-2011: Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

Vinculación: En seguimiento, se aplicará el subprograma de Manejo Integral de Residuos, mismo que clasifica y categoriza los residuos conforme a las especificaciones de las normas y sus requisitos para de planes de manejo, cumpliendo de manera cabal con los numerales de estas normas.

3.5.7. Impacto ambiental

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007: que establece los Requisitos de Protección Ambiental para los Sistemas de Lixiviación de Minerales de Oro y Plata.

5. Especificaciones de Protección Ambiental

5.1. Especificaciones generales.

En la preparación del sitio, construcción, operación, cierre y monitoreo de los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata se deben aplicar las especificaciones para la caracterización del sitio y los criterios de protección ambiental establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

Los estudios, proyectos de ingeniería y demás información técnica o científica utilizada, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible en el sitio para que la autoridad verifique su existencia y contenido en el momento que lo considere necesario.

Se deberá designar un responsable de la supervisión ambiental en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades que generen impactos al ambiente, así como que se cumplan las especificaciones establecidas en esta norma.

Vinculación: Previo a la elaboración de la MIA-R, la promovente encargó el diseño de ingeniería para el sistema de lixiviación, a empresa de prestigio internacional, quienes asumieron el contenido de la Norma Oficial Mexicana No. NOM-155-SEMARNAT-2007, el diseño de referencia se localiza en el anexo 08 a la MIA-R, y se encontrará disponible en la “CERRO DEL GALLO”, para su verificación. El resto de los estudios realizados para cumplir con las especificaciones, se describirán en apartados subsiguientes.

La Unidad Minera designará a un responsable técnico capacitado, como responsable de la supervisión ambiental en el sitio del proyecto, para detectar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental y que pueda tomar decisiones.

5.2. Peligrosidad del mineral lixiviado o gastado.

5.2.1. Las pruebas para la caracterización del mineral deben efectuarse a partir de muestras de mineral lixiviado o gastado.

5.2.2. Para la caracterización del mineral lixiviado o gastado, las muestras deben ser obtenidas:

- Antes del inicio de operaciones, de las pruebas metalúrgicas realizadas, y
- Durante la operación minera, de pruebas metalúrgicas realizadas en laboratorio o directamente de las pilas.

5.2.3. El método empleado en el laboratorio para el beneficio del mineral, debe simular el proceso de lixiviación seguido durante la operación.

5.2.4. Muestreo para determinar la peligrosidad del mineral gastado

5.2.4.1. En la etapa de operación se deberán tomar dos muestras representativas cada mes durante la vida útil del proyecto, a partir de las cuales se hará un compósito anual que represente las características del mineral gastado. Estas muestras deben ser obtenidas de pruebas de lixiviación a nivel laboratorio, hechas con mineral a lixiviar extraído de la mina, o bien, con mineral gastado de las pilas.

5.2.4.2. A las muestras señaladas se les aplicarán las pruebas referidas en los incisos 5.2.5. y 5.2.6., por triplicado.

5.2.5. Prueba de movilidad.

Se deberá de aplicar la prueba de extracción de constituyentes tóxicos, de acuerdo con el procedimiento de movilidad con agua meteórica (véase Anexo Normativo 1).

Si la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en la Tabla referente a los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-2005, es superior a los límites permisibles señalados en la misma, el mineral lixiviado o gastado representado por la muestra es peligroso por su toxicidad.

5.2.6. Prueba de generación de drenaje acido.

Para determinar si el mineral lixiviado o gastado es generador potencial de drenaje acido, se debe de aplicar la prueba modificada de balance de ácido base establecida en los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y sujetarse a los límites establecidos

Vinculación:

San Antón de las Mina SA de CV contrató a SRK Consulting para realizar una caracterización geoquímica de los residuos de la lixiviación de su material mineral. El objetivo de la caracterización fue cumplir con los requerimientos de las normas mexicanas pertinentes a la caracterización y al manejo de residuos de una mina. Los datos generados por la caracterización preliminar son integrados a esta MIA-R en el

anexo 08-1, 08-2a al 08-2d, como parte de la caracterización de los diferentes residuos de la mina.

Considerando que el proyecto aún está en etapa de planeación y trámite de permisos, la caracterización geoquímica de mineral gastado se realizó usando compuestos de los diferentes tipos de mineral después de las pruebas pilotos de lixiviación.

Los análisis de las muestras y la interpretación de los datos se realizaron con base en la guía contenida en el libro Prediction Manual for Drainage Chemistry of Sulphidic Geologic Materials (Manual de predicción de la química del drenado de materiales geológicos sulfúricos) (Price, 2009) y la amplia experiencia del equipo de Geoquímica de SRK.

La tarea de caracterización de mineral lixiviado se realizó de acuerdo con el plan de muestreo e análisis preparado por SRK para la Fase II de caracterización de mineral y residuos.

Treinta y cuatro muestras compuestas de minerales fueron preparadas para pruebas metalúrgicas de lixiviación. Cuatro de las muestras que fueron lixiviadas se analizaron bajo los parámetros especificados en la NOM-157 y NOM-155. En base a la distribución anticipada de los diferentes tipos de minerales y la variación en el contenido de sulfuros, dos muestras de cada litología principal (intrusiva félsica y toba) fueron analizadas.

Para cada litología, se evaluó la distribución de sulfuros en las muestras de minerales. Debido a que los resultados de la Fase I mostraron que el contenido de sulfuros es el parámetro más importante que controla la lixiviación de metales y la generación de drenaje acido de roca (LM/DAR), la selección de muestras se basó en la distribución del contenido de sulfuros.

Ya que existe una estrecha correlación entre la tasa de oxidación y el contenido de sulfuros, es necesario analizar materiales con un rango de contenidos de sulfuros para

así llegar a un mejor entendimiento del comportamiento del material. Para este fin, muestras de los dos litotipos de minerales principales (toba y félsica), con un rango de concentraciones de sulfuros, fueron seleccionadas. En base a una evaluación estadística para cada litotipo, se calcularon las concentraciones correspondientes de sulfuros para los percentiles 95 y 50.

• Toba – 5.4 % para el percentil 95 y 1.5 % para el percentil 50.
• Intrusiva – 1 % para el percentil 95 y 0.7 % para el percentil 50.

Usando estos criterios, cuatro muestras fueron identificadas con las siguientes características:

• Toba – compuesto 2 (contenido de S = 4.74 %) y compuesto 25 (contenido de S = 1.47 %)
• Intrusiva – compuesto 13 (contenido de S = 1 %) y compuesto 6 (contenido de S = 0.68 %)

Las muestras de minerales fueron sometidas a un proceso similar al de la lixiviación en montones que se tiene planeado para el proyecto. Cada muestra contenía 2 kg de material con un rango de tamaño de grano entre 2 y 8 mm.

Las muestras fueron condicionadas por 24 horas con una solución de cal para elevar el pH a un rango de 10.5-11.5. Se agregó 3000 ml de solución de cianuro a cada muestra antes de comenzar la prueba de rodillo de botella. Para mantener el pH arriba del 10.5, se agregó cal cuando fue necesario. De acuerdo con el programa de la prueba, muestras de solución (entre 25 y 35 ml) fueron tomadas para el análisis de oro, plata y cobre.

Después de las pruebas de lixiviación, las muestras fueron filtradas, enjuagadas tres veces con agua destilada, puestas en bolsas de plástico y guardadas en un congelador. Antes de los análisis de caracterización de residuos las muestras fueron descongeladas y puestas a secar al aire.

La caracterización geoquímica LM/DAR de las muestras de mineral lixiviado se llevó acabo usando las pruebas especificadas en el plan de muestreo, específicamente ABA, concentraciones totales de metales y lixiviación de metales.

Los resultados fueron comparados a los límites de concentraciones especificados en las normas mexicanas.

El análisis de azufre total y especies de azufre indica que casi todo el azufre ocurre en forma de sulfuros. La concentración de sulfuros es lo suficiente para generar DAR (>0.1%). El potencial de acidez (PA) calculado de la concentración de sulfuros tiene un rango de 25.6 a 188 kg CaCO3/t.

Los valores de NP Sobek son relativamente bajos (entre 6.3 y 34 kg CaCO3/t). La comparación de PN total a PN derivado de carbonato (PN CO3) indica que la mayoría del PN proviene de minerales aluminosilicatos.

La ratio de NP/AP indica que todas las muestras tienen un NP/AP menos de 1. De acuerdo con el criterio de la NOM-157, este material es un residuo potencialmente peligroso.

Las concentraciones de metales también fueron comparadas con los límites máximos permisibles para constituyentes tóxicos (en base seca) (NOM-157). En base a las definiciones de la NOM157 para un material toxico, los residuos de lixiviación exceden los límites para arsénico, plomo, antimonio y selenio. Concentraciones totales de metales en las muestras fueron comparadas a las concentraciones promedios de la corteza para identificar esos materiales con concentraciones elevadas de metales que podrían presentar un riesgo al medio ambiente. A comparación de las concentraciones promedios de la corteza, las muestras están enriquecidas en mercurio, bismuto, cadmio, cromo, cobre, molibdeno, plomo, antimonio y zinc.

Resultados de la prueba de lixiviación fueron comparados a los limites PECT. No hubo excedencias de los límites para los metales.

Datos de control y aseguramiento de calidad (CC/CA) fueron generados para las muestras analizadas. Los tipos de muestras CC/CA incluyo blancos, duplicados y muestras añadidos. Resultados de las muestras de CC/CA indican que los resultados para las muestras de mineral lixiviado son representativos.

Caracterización geoquímica de cuatro muestras de mineral lixiviado indica que el material es un residuo peligroso en base a su capacidad de generar ácido y las concentraciones elevadas de arsénico, plomo, antimonio y selenio. De acuerdo con la norma 157, un plan de manejo tendrá que ser diseñado e implementado para residuos de lixiviación durante la etapa de operación y cierre de la mina.

La promovente tendrá un plan de monitoreo que incluye la toma de muestra y análisis de los compósitos conformados con mineral gastado por la operación de las pilas actuales; dichos análisis se han realizado a través de laboratorios acreditados, con el fin de caracterizar el mineral gastado o lixiviado, cuyas características son iguales al que pre-existirá en la Plataforma NE en razón de provenir de la misma mena. El muestreo ha sido llevado a cabo por personal del laboratorio y la determinación de la peligrosidad, se sujetó a los métodos establecidos en la NOM-155, que para la aplicación de la prueba de extracción de constituyentes tóxicos el procedimiento de movilidad con agua meteórica se incluye en el Anexo Normativo 1, mientras que, para la prueba de generación de drenaje ácido, remite a los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

De autorizarse el Proyecto, la caracterización del mineral lixiviado o gastado durante la operación, se incluirá en el apartado correspondiente a las medidas para la prevención y mitigación de impactos ambientales relevantes considerando la toma de **dos muestras representativas cada mes durante la vida útil del proyecto**, a partir de las cuales se

hará un compósito anual que represente las características del mineral gastado a las que se les aplicarán las pruebas referidas en los incisos 5.2.5. y 5.2.6. de la NOM por triplicado.

Los impactos ambientales relevantes que se relacionan con las especificaciones de protección ambiental contenidas en el numeral 5.2, tienen que ver con el **manejo de los residuos mineros y sus efectos al agua, suelo y vida silvestre**, durante y después de la operación de un sistema de lixiviación, en particular con el potencial de generación de drenaje ácido y la movilidad de metales del mineral lixiviado, así mismo las especificaciones determinan las bases sobre las que se establecerá el Plan de Manejo de los propios residuos.

5.3. Caracterización del sitio.

Con el propósito de identificar las características del sitio donde se prevé ubicar el sistema de lixiviación, se deben llevar a cabo estudios que permitan identificar los elementos del ambiente presentes, así como aquellos que sean susceptibles de afectación por los impactos generados por la operación del sistema. La caracterización del sitio debe contemplar los siguientes estudios e indicar las fuentes de referencia y considerarlos en el proyecto:

5.3.1. Aspectos climáticos.

5.3.1.1. Para asegurar la toma de las medidas necesarias para prevenir daños al sistema de lixiviación derivados de factores climatológicos y evitar que se genere carga hidráulica en las pilas, o bien que se produzca algún derrame de excedencias fuera del sistema de lixiviación, se deben documentar los siguientes aspectos climáticos:

A. Región hidrológica de ubicación del sitio, cuenca y subcuenca (Figura 2. Regiones Hidrológico- Administrativas de la República Mexicana, Comisión Nacional del Agua, 2002).
B. Precipitación media mensual y anual así como sus valores máximos y mínimos.
C. Temperatura media mensual y anual así como sus valores máximos y mínimos.
D. Niveles de evaporación.

E. Tormenta máxima observada para una duración de 24 horas.
F. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 100 años.
G. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 10 años.
H. Tormenta de diseño para un periodo de retorno de 50 años.
I. Velocidad, dirección y frecuencia de los vientos.

5.3.1.2. El sitio seleccionado debe describirse de acuerdo con la Clasificación Topográfica en la República Mexicana, incluida como Cuadro 2 de la presente Norma.

5.3.1.3. Cuando para la zona en estudio no exista información hidrométrica y pluviométrica suficiente, los datos podrán determinarse indirectamente, mediante el uso de información de las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio.

5.3.1.4. Los tipos climáticos serán determinados con base en las cartas temáticas de clima del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, escala 1:1 000 000 (uno a un millón) (Climas-Escala 1:1 000 000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2001).

5.3.2. Aspectos edafológicos.

Determinar e identificar el tipo de suelo de acuerdo con el Sistema FAO/UNESCO/ISRIC (Edafología de la República Mexicana, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1994). **5.3.3.** Aspectos geotécnicos (geología, mecánica de suelos y de rocas). Los factores geotécnicos a considerar son:

5.3.3.1. Describir la estructura geológica general y en detalle de la zona en que se ubicará el sistema de lixiviación; las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, especialmente las relativas a su permeabilidad y resistencia; las fracturas presentes en el sitio y sus características; las condiciones de fisuramiento y orientación, amplitud, separación y profundidad de las fisuras; y el grado y la profundidad actual de la roca intemperizada y las posibilidades de alteración futura.

5.3.3.2. Obtener los perfiles estratigráficos del terreno de cimentación, haciendo resaltar la variación de la resistencia relativa, la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos, así como la clasificación de los suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (véase Anexo Normativo 2), y realizar pruebas *in situ* de permeabilidad, porosidad, compresibilidad y resistencia al corte.

a) Región asísmica

b) Región penesísmica

c) y **d)** Región sísmica

5.3.3.3. Determinar la región sísmica donde se ubica el sitio con base en la información de la Figura 3: Regiones sísmicas en la República Mexicana (Regiones Sísmicas en México, Servicio Sismológico de la UNAM, 2003).

5.3.4. Aspectos hidrológicos.

Para comprobar que el sistema de lixiviación no representa un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos existentes, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación, se deben realizar los siguientes estudios:

5.3.4.1. Hidrología superficial.

a) Delimitar la subcuenca hidrológica donde se instalará el sistema de lixiviación.

b) Determinar el volumen medio anual del escurrimiento superficial aguas arriba del patio, conforme a la NOM-011-CNA-2000.

c) Identificar las áreas susceptibles de inundación.

d) Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, aguas arriba y aguas abajo, con base en los parámetros físicos y químicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y aquellos metales y compuestos químicos no señalados en dichas Tablas, representativos del proceso. Las técnicas de muestreo de cuerpos de agua podrán ser la NMX-AA-014-1980 o la NMX en la materia vigente, o las normas ISO 5667-6:2005 e ISO 5667-3:2003. Se tomarán al menos dos muestras de agua, una en la época de estiaje y otra en la de lluvias.

5.3.4.2. Hidrología subterránea.

5.3.4.2.1. En el sitio seleccionado para la construcción del sistema de lixiviación se debe:

a) Evaluar la vulnerabilidad del acuífero de acuerdo con el Anexo Normativo 2 de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

b) Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 1 000 m alrededor de los límites del sistema de lixiviación, indicando su ubicación en coordenadas geográficas, las características constructivas y el uso del agua.

c) Efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa en cuanto a cianuros, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc, así como con respecto a los parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de las obras del sistema de lixiviación. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo semestral en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a las obras del sistema de lixiviación. Para ello, se tomarán al menos dos muestras de agua subterránea, una en aguas arriba y la otra aguas abajo del sitio seleccionado.

5.3.5. Vida Silvestre.

5.3.5.1. El sitio seleccionado debe corresponder a un área no clasificada como hábitat crítico de acuerdo con lo establecido por la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.

5.3.5.2. Se debe identificar la presencia en el sitio de especies de la vida silvestre que se encuentren en alguna categoría de riesgo, de conformidad con lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

5.3.5.3. Se deben determinar los tipos de vegetación que serán afectados, especificando la superficie por cada tipo de vegetación, así como la densidad y abundancia relativa por especie con nombres comunes y científicos.

5.3.5.4. Los tipos de vegetación deben ser determinados de acuerdo con la clasificación de la vegetación y uso de suelo del INEGI, que estará a disposición de los interesados en las delegaciones federales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los Estados (Uso de Suelo y Vegetación Serie III, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2005).

Vinculación:

a) **<u>Aspectos climáticos</u>**; en donde se especifique la **ubicación del sitio** de conformidad con las Regiones Hidrológico- Administrativas de la República Mexicana; aspectos climatológicos relacionados con la **precipitación** y **temperatura**, entre otras, balances hidrológicos, tormentas máximas

observadas; **dirección y frecuencia de los vientos**, **características orográficas** que incidan en el transporte de aguas meteóricas y la **clasificación del clima**.

b) **Aspectos edafológicos**; para identificar los tipos de suelo prevalecientes en el sitio del proyecto de acuerdo con el Sistema FAO/UNESCO/ISRIC.

c) **Aspectos geotécnicos (geología, mecánica de suelos y de rocas)**; en donde se describa **la estructura geológica general y en detalle** de la zona en que se ubicará el sistema de lixiviación, así como las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas; **los perfiles estratigráficos del terreno de cimentación** y **la región sísmica** donde se ubica el sitio del Proyecto.

d) **Aspectos hidrológicos**; en donde se **delimite la subcuenca hidrológica** del sitio en el que se instalará el sistema; se **determine el volumen medio anual del escurrimiento superficial** aguas arriba del patio; se identifiquen **las áreas susceptibles de inundación**; **se caracterice la calidad del agua** de los cuerpos superficiales y corrientes subterráneas; se **evalué la vulnerabilidad del acuífero subterráneo** y se **verifique la existencia de aprovechamientos hidráulicos** subterráneos.

e) **Vida Silvestre**; a efecto de establecer que el sitio del proyecto **no se encuentre clasificado como hábitat crítico**; identificar la presencia en el sitio **de especies de la vida silvestre que se encuentren en alguna categoría de riesgo**; determinar **los tipos de vegetación** que serán afectados y determinar **los tipos de vegetación** de acuerdo con la clasificación de la vegetación y uso de suelo del INEGI.

Para cumplir con lo establecido en el apartado 5.3 de la Norma, se contrató los servicios de la empresa Golder Associates Inc en los anexos 08-3a, 08-3b, 08-4, 08-5, 08-6, 08-7a, 08-7b se presentan los estudios correspondientes, mismo que consideran lo siguiente:

1. Para los aspectos climáticos, la promovente encargo un estudio de caracterización climatológica y un estudio Hidrológico a una empresa de prestigio internacional, mismo que fue considerado por la empresa que diseño las obras propuestas; en dicho estudio se consideraron las variables de: precipitación media anual, precipitaciones extremas (máximas y mínimas), evaporación media mensual y anual, temperatura ambiente mensual y valores medios, mínimos y máximos de temperatura ambiente por mes, dirección y velocidad de los vientos y la precipitación máxima esperada en 24 horas para periodos de retorno de a 2 a 10,000 años. Adicionalmente la promovente llevó a cabo un estudio para determinar el clima en el área de estudio inherente al proyecto, basándose en la metodología propuesta por Köppen y modificada por Enriqueta García para adaptarla a la República Mexicana. En lo relativo a la topografía, la promovente realizó un análisis detallado de la geomorfología prevaleciente en el sitio donde se pretende construir la Plataforma NE, así mismo el diseño de ingeniería se basó en el tipo de terreno existente, para lo cual realizó los análisis las excavaciones y posterior análisis del terreno a efecto de llevar a cabo el estudio geotécnico.

1. Para cumplir con lo relativo a los aspectos edafológicos, la firma de ingeniería que el sistema de lixiviación, incluyó en los estudios geotécnicos basales las características del suelo, la promovente por su parte llevó a cabo un estudio detallado de suelos en el área de estudio del proyecto, incluyendo el sitio del propio proyecto a efecto de identificar las Unidades prevalecientes de acuerdo con la clasificación de la FAO-UNESCO- ISRIC.

2. Para cumplir con los aspectos geotécnicos, la empresa contratada llevó a cabo un estudio de investigación geotécnica que incluyó las pruebas de laboratorio necesarias para conocer las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas presentes en la zona de cimentación de la Plataforma, así mismo realizó los estudios de estabilidad para conocer la interacción de la misma con el ambiente geotécnico del sito y garantizar la seguridad estructural de la misma; los estudios se encuentran incluidos en la ingeniería anexa.

3. Para los aspectos hidrológicos, mediante el estudio hidrológico se determinó las áreas de inundación y propuso medidas para canalizar el agua meteórica que puede incidir en los componentes del sistema de lixiviación, la caracterización de las corrientes y cuerpos de aguas superficiales y la ubicación del sitio con respecto a la subcuenca, así mismo obtuvo la caracterización regional de los acuíferos de la zona realizada por la CNA para determinar la disponibilidad. Por otro lado antes, durante y posterior al inicio de operaciones del sistema de lixiviación se desarrollará de manera regular campañas de monitoreo de agua superficial y subterránea. En lo que respecta a la vulnerabilidad del acuífero se realizó conforme a la NOM-141-SEMARNAT-2003.

4. Para los aspectos de vida silvestre, mediante un estudio de los recursos biológicos desarrolló la caracterización de la flora y fauna que se ubica en el área de estudio seleccionada incluyendo el sitio del proyecto, adicionalmente y con el fin de cumplir con la normatividad, preparó y presentó la base de datos de fauna y flora, que contiene los inventarios forestales puntuales del sitio. El estudio de vida silvestre se presenta como anexo, mientras que la información preponderante de la MIA-R, se incluye en el Capítulo IV del presente.

Los impactos ambientales relevantes que se relacionan con las especificaciones de protección ambiental contenidas en el numeral 5.3, tienen que ver en primer término

-considerando el orden en que se enumeran- con aquellos identificados para el suelo, agua superficial y agua subterránea y como lo indica la norma pretenden el asegurar **la toma de las medidas necesarias para prevenir daños al sistema de lixiviación derivados de factores climatológicos y evitar que se genere carga hidráulica en las pilas, o bien que se produzca algún derrame de excedencias fuera del sistema de lixiviación**, en un segundo término se relacionan con el agua tanto superficial como subterránea ya que pretenden comprobar **que el sistema de lixiviación no representa un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos existentes, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación** y en un tercer término con los impactos esperados para la flora y fauna del sitio, ya que obliga al conocimiento de las asociaciones vegetales y el detalle de las especies de flora y fauna (incluyendo aquellas con estatus de protección) que serán afectadas por el desmonte previo al cambio de uso del suelo que servirán de base en la aplicación de las medidas de prevención y mitigación de los impactos.

5.4. Determinación de la magnitud de riesgos físicos y criterios de proyecto del patio.

5.4.1. Se debe evaluar la intensidad de los riesgos a los centros de población, cuerpos de agua, ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios, asociados a las condiciones físicas del sitio en que se desarrollará y operará el sistema de lixiviación. Para ello se deben prever, desde el proyecto del sistema de lixiviación, las medidas necesarias que minimicen los posibles riesgos derivados de derrames o fugas, por la falla parcial o total del patio.

5.4.2. En el Anexo Normativo 3, se establecen criterios y se recomiendan los métodos de análisis de estabilidad y de monitoreo más apropiados, conforme a las condiciones topográficas, hidrológicas y sísmicas bajo las cuales se desarrollará el proyecto. Para asegurar la estabilidad de la obra durante el proyecto, construcción y operación del patio, se deben considerar las intensidades relativas de riesgo por:

- Capacidad de carga del terreno de cimentación.
- Estabilidad de taludes de las pilas
- Asentamientos diferenciales en las pilas

- Rotura del recubrimiento
- Erosión en la superficie de las pilas por efecto de las lluvias, y
- Derrames de lixiviados por efecto de tormentas

Vinculación: Las especificaciones al respecto, se ubican en el apartado 5.4 del texto de la Norma y tienen como finalidad **evaluar la intensidad de los riesgos** a los centros de población, cuerpos de agua, ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios, asociados a las condiciones físicas del sitio en que se desarrollará y operará el sistema de lixiviación, así mismo **se establecen criterios y se recomiendan los métodos de análisis** de estabilidad y de monitoreo más apropiados, conforme a las condiciones topográficas, hidrológicas y sísmicas bajo las cuales se desarrollará el proyecto.

Para apegarse a lo señalado en el apartado 5.4 de la Norma, se contrato los servicios de la empresa Golder Associates Inc en los anexos 08-3a, 08-3b, 08-4, 08-5, 08-6, 08-7a, 08-7b se presentan los estudios correspondientes, se consideró lo siguiente:

1. El sistema de Lixiviación, se desarrollará relativamente alejadas a las Poblaciones de San Antón de las Minas y San Isidro del Sisote, además que no existen ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios, en el Diseño de Ingeniería, se ocupó de las medidas necesarias que minimicen los posibles riesgos derivados de derrames o fugas, por la falla parcial o total del patio, aplicando para tal fin un análisis de estabilidad para el diseño final de la plataforma de lixiviación, de acuerdo a los métodos recomendados en el Anexo Normativo 3.

2. En el Capítulo VII del presente, en el apartado correspondiente a las medidas preventivas y de mitigación, se establecen las acciones de monitoreo recomendadas en el Anexo Normativo 3 de la NOM aplicables al proyecto. Los impactos ambientales relevantes asociados a las especificaciones tienen que

ver **con prácticamente todos los elementos del sistema ambiental** ya que pretenden evitar la presencia de derrames o fugas de soluciones conteniendo bajas concentraciones de cianuro y metales, por fallas de la pila que a su vez provocarían la contaminación del agua y suelo, se afectaría la vida silvestre (flora y fauna) y se tendrían emisiones a la atmósfera de gases por la reacción del cianuro libre en contacto con compuestos neutros o ácidos en cuanto a pH.

5.5. Criterios de preparación del sitio.

Se debe preparar el sitio para evitar o mitigar el daño sobre los elementos identificados, para lo anterior, se debe proceder de la siguiente manera:

5.5.1. Hidrología.

5.5.1.1. La preparación del sitio para construir un sistema de lixiviación debe incluir medidas de prevención o control de la contaminación, a través de obras de ingeniería que acrediten técnicamente que no se afectará a los cuerpos de aguas superficiales, a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos subterráneos.

5.5.2. Suelo.

5.5.2.1. De manera previa a la construcción de obras, la capa de suelo vegetal debe ser retirada para

utilizar este recurso en las actividades de reforestación o recuperación de la cubierta vegetal.

5.5.2.2. El sitio de almacenamiento temporal del suelo rescatado debe contar con medidas de protección que eviten pérdidas por erosión eólica o pluvial.

5.5.2.3. Se deberá obtener una caracterización con el fin de conocer los valores de fondo en el sitio, los cuales se verificarán al término de las operaciones para descartar contaminación del suelo por esos elementos.

5.5.3. Vida Silvestre.

5.5.3.1. Las especies en riesgo, que se localicen en el área del proyecto, deben ser protegidas, según el caso, mediante proyectos de conservación y recuperación o mediante el establecimiento de medidas especiales de manejo y conservación del

hábitat, conforme lo establece la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento, y apegándose a la normatividad de referencia.

5.5.3.2. Previamente a las actividades de desmonte, se deben identificar las especies arbóreas que se conservarán *in situ* o se integren al diseño de áreas verdes, así como las especies biológicas de especial interés susceptibles de trasplante, y aquéllas con algún tipo de valor regional o biológico.

5.5.3.3. Se deben definir y ubicar superficies cercanas al área de afectación con dimensiones y condiciones ambientales que permitan reubicar, trasplantar, reforestar, o en su caso, reproducir a partir de material parental nativo, una cantidad de individuos de especies con alguna categoría de riesgo, endémicas, y de difícil regeneración, similar a la original.

5.5.3.4. Se deben definir y señalar las zonas en que se mantendrá la vegetación rescatada y desarrollar un Programa de Protección que incluya áreas de conservación y, en su caso, delimitar el área para un jardín botánico, para el acopio de material vegetal representativo del sitio y aprovechar las semillas que produzcan individuos vegetales susceptibles de ser empleados en los trabajos de restauración del sitio.

5.5.3.5. Las labores de reubicación, trasplante y monitoreo se deben realizar con métodos que garanticen una sobrevivencia del 95% o superior de los ejemplares reubicados o trasplantados; de no ser posible se remplazarán los ejemplares de flora muertos por individuos de la misma especie obtenidos o producidos en viveros.

5.5.3.6. El desmonte y despalme deben permitir el desplazamiento de la fauna hacia zonas menos perturbadas.

5.5.3.7. Cuando exista material producto del desmonte, proveniente de individuos de especies herbáceas y arbustivas no rescatables, se deberá triturar e incorporar al suelo almacenado.

5.5.3.8. Se deben establecer las medidas necesarias que limiten el acceso de especies de fauna silvestre a las soluciones cianuradas.

Vinculación:

a) Proteger los recursos hidrológicos, incluyendo medidas de prevención o control de la contaminación, a través de obras de ingeniería que acrediten técnicamente que no se afectará a los cuerpos de aguas superficiales, a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos subterráneos.

b) Proteger el suelo, retirando la capa vegetal y almacenándola en condiciones que se evite las pérdidas por erosión para ser usado en labores de restauración del sitio, caracterizando el recurso residual para conocer los valores de fondo en el sitio.

c) Proteger la vida silvestre, estableciendo para las especies en riesgo, proyectos de conservación y recuperación o mediante el establecimiento de medidas manejo y conservación del hábitat, identificando las especies arbóreas que se conservarán in situ o se integren al diseño de áreas verdes así como las especies biológicas de especial interés susceptibles de trasplante, la definición de superficies cercanas al desmonte para el manejo de especies de interés ambiental y se especies rescatadas, permitir el desplazamiento de la fauna, protección de la avifauna de soluciones cianuradas, manejo de residuos vegetales, etc. En sí, todas aquellas acciones que limiten el desarrollo de impactos ambientales relevantes derivados del cambio de uso del suelo de áreas forestales.

Para cumplir con lo establecido en el apartado 5.5 de la Norma, se contrató los servicios de la empresa Golder Associates Inc en los anexos 08-3a, 08-3b, 08-4, 08-5, 08-6, 08-7a, 08-7b se presentan los estudios correspondientes, se consideró lo siguiente:

1. Se asume el diseño de ingeniería elaborado para el sistema de lixiviación, especificando las prácticas de ingeniería que se utilizarán para impermeabilizar y confinar (sistemas de contención) las soluciones cianuradas y mineral en tratamiento, a efecto de que se impida la transferencia de contaminantes hacia suelo y agua, así mismo las obras de derivación de

aguas pluviales necesarias para evitar el contacto entre las soluciones y las aguas externas.

2. Las medidas para recolectar y almacenar de manera segura, el suelo fértil que se ubica en el sitio del Proyecto, en los terrenos que sufrirán cambio del uso del suelo en áreas forestales, así como las medidas de protección para evitar la erosión.

3. Las medidas de protección de las especies de vida silvestre, entre otras, la reubicación de individuos de especies de lento crecimiento, la ubicación de zonas para el trasplante de individuos rescatados, los métodos para evitar el acceso y promover el ahuyentamiento de la fauna a las piletas de soluciones cianuradas y la Plataforma de lixiviación.

Los impactos relacionados con las especificaciones de la Norma en su numeral 5.5, tienen que ver con el agua superficial, agua subterránea, suelo, flora y fauna, ya que se pretende inducir desde la preparación del sitio, acciones que permitan recuperar tanto elementos físicos como biológicos además de disminuir la importancia de los impactos sobre aquellos elementos que ineludiblemente será afectados (suelo y vida silvestre) ya que de otra manera no sería posible realizar las actividades de desmonte (previo al cambio de uso del suelo, nivelación y compactación de los terrenos, situaciones que a su vez son fundamentales para asegurar la impermeabilidad.

5.6. Criterios de obra.

5.6.1. Se deberá contar con los estudios necesarios indicados en el numeral 5.3., que aseguren que el sitio seleccionado sea capaz de soportar y almacenar el volumen de mineral a lixiviar proyectado, conforme a la vida útil del patio, considerando la clasificación por tamaño y peso volumétrico del material.

5.6.2. Las actividades de excavación, nivelación, compactación y relleno necesarios para la preparación del sitio deben garantizar su impermeabilización, así como la conservación de la capacidad de drenaje natural de la zona.

5.6.3. Debe asegurarse la estabilidad del patio, considerando la topografía del terreno, la hidrología de la zona y la sismicidad de la región, así como la geometría de la pila seleccionada. En la elaboración del proyecto se deben incorporar los criterios de intensidad relativa de riesgo geotécnico e hidráulico, así como los criterios sobre análisis de estabilidad y monitoreo descritos en el Anexo Normativo 3.

5.6.4. En el diseño y construcción de canales de desvío, trincheras, piletas de sedimentación, canales de descarga, diques, etc., se debe considerar la hidrología superficial del sitio, con el fin de evitar derrames.

5.6.5. Todas las pilas y piletas deben tener una geomembrana sintética impermeable con propósitos de contención, para evitar el daño ambiental por la fuga de las soluciones.

5.6.6. Se debe contar con un sistema de detección y control de fugas y/o derrames de las soluciones en las pilas, así como en las piletas de solución, el cual deberá operar de forma continua.

5.6.7. La geomembrana sintética utilizada en el patio debe soportar el tipo de solución, la carga física del material, el tipo de clima a que estará expuesto, así como el sistema de descarga de mineral.

5.6.8. La impermeabilidad del recubrimiento debe mantenerse hasta que haya terminado el monitoreo del sitio.

5.6.9. Las piletas cuyo propósito sea contener la solución del proceso, con excepción de la pileta de emergencia, deben tener una geomembrana sintética primaria y una secundaria, así como un sistema de recuperación de los fluidos que penetren la geomembrana primaria, en caso de rotura de la misma. Para ello, debe colocarse entre ambas geomembranas un material que tenga la habilidad de transportar rápidamente dichos fluidos hasta el punto del sistema de recolección donde será recuperado.

5.6.10. Cuando el material entre las geomembranas sea incapaz de contener, colectar, transportar y remover los líquidos a una tasa que prevenga la existencia de cargas

hidráulicas de transferencia entre la primera y segunda membrana, la pileta debe ser sacada de operación y vaciada.

5.6.11. Se deben implementar medidas conducentes a mitigar las emisiones de polvos, gases y partículas a la atmósfera, provenientes de la construcción, operación y cierre del sistema, con el fin de evitar que lleguen a algún centro de población y alteren la calidad del aire.

5.6.12. Alrededor de las piletas debe instalarse un cerco de protección perimetral como medida de protección para evitar el acceso terrestre de la fauna silvestre.

5.6.13. Se deben instalar sistemas cuyo propósito sea ahuyentar la presencia de aves en las piletas de solución con cianuro.

5.6.14. Deben establecerse fuentes alternas de agua fresca para consumo de la fauna silvestre presente en el sitio.

5.6.15. El agua que se recircula en el circuito cerrado del sistema de lixiviación, no debe tener contacto con los cuerpos naturales de agua superficiales.

Vinculación:

Se ubican en el numeral 5.6 de la Norma y ordenan a los promoventes lleve a cabo las siguientes medidas:

a) **Contar con los estudios** necesarios indicados en el apartado de caracterización del sitio, que aseguren que el sitio seleccionado sea capaz de soportar y almacenar el volumen de mineral a lixiviar proyectado.

b) **Garantizar su impermeabilización**, así como la conservación de la capacidad de drenaje natural de la zona.

c) **Asegurar el nulo contacto de soluciones**, con aguas externas al sistema de lixiviación.

d) **Asegurar la estabilidad del patio**, considerando la topografía del terreno, la hidrología de la zona y la sismicidad de la región, así como la geometría de la pila seleccionada.

e) **Considerar la hidrología superficial del sitio**, en el diseño y construcción, con el fin de evitar derrames.

f) **Colocar geomembrana sintética impermeable**, de acuerdo al tipo de obra, así como los criterios de operación en caso de rupturas, diseñar y colocar sistemas de colección de fugas y derrames en pilas y piletas.

g) **Instalar sistemas cuyo propósito sea ahuyentar la fauna**, mantener depósitos de agua fresca alternos a las piletas y colocar cercos de protección en áreas de procesos.

Para cumplir con los puntos señalados en el apartado 5.6 de la norma, se contrató los servicios de la empresa Golder Associates Inc en los anexos 08-3a, 08-3b, 08-4, 08-5, 08-6, 08-7a, 08-7b se presentan los estudios correspondientes, la promovente incluye en los anexos la siguiente información.

1. La caracterización del sitio, considerando todos y cada uno de los estudios señalados por la Norma para tal fin, en donde se establecen los parámetros del mineral a depositar, altura de pilas, su volumen y calcula la capacidad de la plataforma en sus diferentes fases de construcción.
2. Se asume el diseño de ingeniería, en cuanto a métodos de impermeabilización, tipos de membranas, aislamiento del sistema a aguas externas y sistemas de captación de fugas en la pila y piletas de solución.
3. Se establecen las medidas para proteger la fauna, así como el aseguramiento del drenaje natural de las áreas externas al patio.

Los impactos relacionados con las especificaciones de la Norma en su numeral 5.6, tienen que ver con el agua superficial, agua subterránea, suelo, flora y fauna, ya que

aseguran el desarrollo de acciones que permitan asegurar la estabilidad del sistema además de garantizar la impermeabilidad de las pilas, conducciones y evitando así la salida de soluciones que afecten los elementos citados, en ese mismo sentido, las especificaciones establecen la obligatoriedad de mantener aislado el circuito cerrado de las soluciones además de promover sistemas que eviten el acercamiento de avifauna y el ingreso de especies de fauna de gran talla.

5.7. Criterios de construcción-operación.

La construcción de los patios de lixiviación deberá ajustarse a las siguientes especificaciones:

5.7.1. Los asentamientos diferenciales máximos deberán ser tales que eviten la formación de grietas y fisuras en la pila, así como en el recubrimiento, y se asegure la estabilidad de la obra sin filtraciones, sobre todo bajo el terreno de cimentación natural.

5.7.2. Deben construirse todas las obras necesarias para el manejo del agua superficial dentro de la zona de influencia a la que pertenece el sistema de lixiviación, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento hidráulico de todas las instalaciones principales y complementarias, y evitar que el drenaje hidráulico local invada el patio.

5.7.3. La construcción de las obras complementarias se debe realizar considerando pendientes apropiadas que aseguren el buen manejo del agua superficial.

5.7.4. Cuando la circulación de las soluciones se realice por gravedad a través de canales o conductos abiertos, se debe asegurar que no habrá derrames e infiltraciones. Se deben colocar avisos de advertencia ubicados en forma apropiada, según las condiciones de topografía y visibilidad del sitio.

5.7.5. Las soluciones con cianuro deben mantenerse en un valor de pH de 10.5 o superior, para controlar la formación de ácido cianhídrico en niveles aceptables y evitar la creación de impactos ambientales significativos derivados de la toxicidad del compuesto.

5.7.6. Durante la operación, se deben monitorear las áreas de circulación del sistema (piletas de soluciones).

5.7.7. Durante la construcción y operación del sistema de lixiviación, se debe realizar el monitoreo de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, mediante un muestreo semestral. Se deben especificar los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de los cuerpos de agua que se encuentren en el sitio seleccionado.

5.7.8. En el caso de aguas subterráneas, construir y operar un mínimo de dos pozos de monitoreo, uno ubicado aguas arriba del sistema de lixiviación y otro, aguas abajo. Este último debe colocarse a una distancia máxima de 1.5 veces del ancho de la pila de mineral para lixiviación en dirección perpendicular al flujo subterráneo local. En el caso de que la pila de mineral para lixiviación presente una geometría irregular se debe considerar la dimensión mayor de ésta.

5.7.9. Las distancias señaladas en el punto anterior pueden modificarse en función de las condiciones topográficas, de la variación del gradiente hidráulico, de la conductividad hidráulica y de la profundidad del nivel freático, así como de la disponibilidad del terreno, de tal manera que se asegure un monitoreo periódico y confiable del acuífero.

5.7.10. Cada pozo de monitoreo de aguas subterráneas debe contar con un registro que indique el número o clave de identificación; la ubicación geográfica en coordenadas (x, y, z), ligadas a un mismo banco de referencia; el corte litológico de las formaciones atravesadas; las características constructivas; el diámetro, la profundidad total y el proyecto de terminación; así como los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realicen en este punto.

5.7.11. Si en la evaluación correspondiente resulta un acuífero vulnerable o existen aprovechamientos alrededor del sistema de lixiviación, el monitoreo debe llegar hasta el nivel del agua. En este caso se deben construir obras de ingeniería complementarias que garanticen la no afectación a los acuíferos.

5.7.12. El monitoreo de las aguas superficiales en los sitios aledaños al patio, se debe realizar de acuerdo a las consideraciones del numeral 5.3.4.1.

5.7.13. Para el muestreo representativo y análisis del agua subterránea, se deben considerar los parámetros utilizados en la caracterización física y química del agua subterránea, conforme a lo señalado en el numeral 5.3.4.2.1 c).

5.7.14. El diseño de los pozos de monitoreo debe considerar las oscilaciones estacionales del nivel, y medir la profundidad al nivel freático o nivel piezométrico, así como permitir colectar muestras de agua representativas del acuífero. Durante el monitoreo del acuífero se debe registrar cualquier variación del nivel freático o piezométrico*.*

5.7.15. Es recomendable que el patio no se construya sobre estratos naturales confinados de material de grano fino, en el que predominen arcillas o limos saturados o susceptibles de saturación con el agua contenida en sus intersticios, derivada de su posible consolidación por efecto de la creciente carga durante la formación de la pilas. Lo anterior puede ocurrir en condiciones de confinamiento tales que el agua no pueda salir de dicho material, propiciando un posible efecto de fluidización y con ello su desplazamiento que implique asentamientos diferenciales del patio. En su caso se deben instalar sensores que midan la presión del agua en los intersticios de dicho material, para identificar preventivamente la posibilidad de su desplazamiento y, con ello, posibles asentamientos diferenciales del patio.

5.7.16. Se deben instalar testigos topográficos de asentamiento y registrar las observaciones al final del periodo de estiaje y de lluvias, con el fin de prevenir asentamientos diferenciales del terreno que impliquen posibles roturas o agrietamientos de la capa impermeable.

Vinculación:

Los criterios referidos, se ubican en el apartado No. 5.7 de la Norma y mandatan la ejecución de las acciones siguientes:

a) La conformación de las camas debe sujetarse al diseño de ingeniería que a su vez determinó la capacidad de las cimentaciones del sistema de lixiviación, con ello se asegura que los asentamientos diferenciales no conformen grietas o fisuras que promuevan la salida de la solución, además que la carga hidráulica no comprometa la integridad del recubrimiento.

b) Los sistemas de derivación de aguas pluviales deben asegurar que las aguas externas no invadan los componentes del sistema de lixiviación, además su diseño debe asegurar el libre drenaje hacia zonas con pendiente y capacidad de desalojar el agua de lluvia.

c) La contención de soluciones debe ser suficiente para evitar su salida del sistema además estas, deben mantener un pH básico que evite la descomposición del cianuro libre.

d) La infraestructura de monitoreo, de aguas superficiales y subterráneas debe sujetarse a criterios de ubicación (aguas arriba y abajo del sistema) además de contemplar parámetros mínimos que cumplan con las regulaciones ambientales para el recurso. Para los pozos de monitoreo, se establecen las condiciones de profundidad e identificación. Para movimientos de las pilas, se establece la instalación de testigos topográficos y los parámetros de funcionamiento.

Para cumplir con los puntos señalados en el apartado 5.7 de la norma, Golder como empresa encargada del diseño asumió los conceptos de ingeniería que a su vez se incluyen en los anexos 08-3a, 08-3b, 08-4, 08-5, 08-6, 08-7a, 08-7b de la MIA-R.

1. La altura de camas relacionada con el peso volumétrico, la capacidad del material de cimentaciones y el tipo de liner propuestos, fue sujeta a un análisis de estabilidad en donde los factores descritos determinaron que se cumple con lo establecido en la Norma, por ello los asentamientos diferenciales derivados del acomodo del material en camas, no provocará grietas o fisuras de molesten la geometría de la pila, adicionalmente el liner se sujetó a pruebas de resistencia mediante emulación de las cargas a soportar dejando un margen de seguridad aceptable.

2. La ingeniería propuesta consideró el estudio de la hidrología del sitio y determinó –mediante precipitaciones extrema- las zonas que en su caso pudiesen sufrir inundaciones, proponiendo la construcción de canales de desvío que a su vez conectan con cauces para su correcto drenaje fuera del sistema.

3. En el mismo diseño de ingeniería, se propone infraestructura de contención de las soluciones que drenarán en el sistema de lixiviación, esta asegura que en todo momento y bajo cualquier evento natural, se contengan dentro del perímetro de la celda, en cuanto a los sistemas de conducción de soluciones, los sistemas de seguridad para evitar fugas (tuberías de doble capa y el uso de bermas impermeabilizadas) son suficientes para contener fugas. El conjunto de piletas asegura que, ante el peor evento de lluvia, las soluciones se contengan dentro del sistema.

4. Los estudios por su parte definen la ubicación de los pozos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo del sistema de lixiviación, la promovente mantendrá un programa de monitoreo de aguas subterráneas que cumpla con los requerimientos de la norma.

Los impactos relacionados con las especificaciones de la Norma en su numeral 5.7, tienen que ver con el suelo, agua superficial y agua subterránea, ya que aseguran que el basamento de cimentación soporte el peso de la pila y evite asentamientos diferenciales anormales que resulten en la salida de soluciones, que se presenten inundaciones en áreas activas del sistema y que los sistemas de conducción cumplan con estándares de calidad que aseguren su contención. Además, establece las medidas de prevención mediante el monitoreo del agua y la pila para corroborar el correcto funcionamiento o corregir los taludes ante movimientos anómalos.

5.8. Eliminación de toxicidad.

5.8.1. Una vez que ha terminado la recuperación de valores, el patio de lixiviación debe lavarse y tratarse, antes de quedar como depósito de mineral lixiviado o gastado. El depósito estará estabilizado, cuando en la solución del lavado del patio se cumplan los siguientes valores:

a) Los niveles de complejos débiles de cianuro asociados a los metales (WAD-CN) en el efluente de agua lavada y/o tratada sean menores a 0.2 mg/L.

b) El nivel del potencial hidrógeno (pH) en el efluente de agua lavada o tratada esté entre 5 y 10 unidades.

5.8.2. Los efluentes del patio deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

5.8.3. El patio de mineral lixiviado o gastado, una vez estabilizado, deberá asegurar las condiciones que impidan el transporte de contaminantes por la migración del agua meteórica y se deberá extraer el máximo de líquido existente de la pila.

5.8.4. Debe tenerse la información de los procedimientos para la caracterización de los materiales lixiviados o gastados de proceso, cuando se fueron generando, además de los procedimientos para estabilizar todos los componentes de procesos, en particular los utilizados en la estabilización de los patios. Se deberán documentar los periodos de duración y procedimiento de lavado, técnicas de muestreo y la curva estimada de disminución de drenaje residual.

Vinculación:

Los criterios para eliminar la toxicidad se ubican en el apartado No. 5.8 de la Norma y procuran lo siguiente:

1. El lavado y tratamiento del patio de lixiviación antes de quedar como depósito de mineral gastado (residuo minero), bajando los niveles de cianuro WAD a un límite menor de 0.2 ppm, el pH entre 5 y 10, mientras los metales y demás parámetros, deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

2. Asegurar las condiciones que impidan el transporte de contaminantes por la migración del agua meteórica, así como extraer el máximo de líquido existente de la pila.

Los impactos ambientales relacionados con el apartado 5.8 de la Norma, tienen que ver básicamente con el agua superficial, ya que, en la etapa de cierre, las piletas se inhabilitan quedando libre el drenaje proveniente de las pilas.

5.9. Criterios para el cierre del patio.

5.9.1. Una vez que la pila llegue al final de su vida útil, se deben implementar las medidas necesarias para:

a) Prevenir la erosión hídrica y eólica con el fin de garantizar que no se afecten suelos, sedimentos y cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

b) Garantizar la estabilidad física del patio.

5.9.2. Cuando las pilas, durante la etapa de operación sean generadores potenciales de ácido, se deben establecer medidas para evitar la formación de drenaje ácido, asegurando la no disolución de los elementos tóxicos.

5.9.3. Cuando no sea pertinente establecer las medidas señaladas en el numeral anterior para prevenir la formación de drenaje ácido, se deben establecer medidas de tratamiento del mismo para evitar daños en cuerpos de agua, suelos y sedimentos, ya sea por su acidez o por contaminación con elementos tóxicos.

5.9.4. El patio debe ser inhabilitado, conforme a los siguientes conceptos:

a) Estabilidad de taludes y modificación de su pendiente, con la finalidad de frenar la velocidad de

escurrimientos superficiales y disminuir procesos erosivos.

b) Establecimiento de vegetación nativa:

- La superficie del patio debe ser cubierta con el suelo recuperado, de ser el caso, o con materiales que permitan la fijación de especies vegetales.

- Las especies vegetales que se utilicen para cubrir el depósito deben ser originarias de la región, para garantizar la sucesión y permanencia con un mínimo de conservación.

c) Asegurar que las condiciones de drenaje eviten que los escurrimientos superficiales afecten a la pila.

d) Conformar la geometría fomentando técnicas que minimicen efectos visuales adversos.

5.9.5. Las piletas de solución preñada y gastada deben restaurarse considerando:

a) Su relleno con material no peligroso y contorneo aproximados a la forma original del sitio.

b) El aseguramiento de la capacidad de drenaje de agua superficial conforme al que existía de manera previa a la afectación.

5.9.6. Los taludes deben ser ajustados, en su caso, para dar una inclinación que garantice la estabilidad estática y dinámica de la pila de mineral lixiviado.

5.9.7. Se debe realizar el cierre de la planta metalúrgica y la limpieza y el desmantelamiento de las mismas, a menos que tengan una utilidad para terceros.

Vinculación:

Las acciones contenidas en el numeral No. 5.9 de la Norma se aglutinan en los conceptos siguientes:

1. Prevenir la erosión hídrica y eólica mediante medidas de control, así como garantizar la estabilidad física del patio a través de acciones de rectificación de taludes.

2. Inhabilitar el patio a través de rectificación de taludes y obras para evitar que el drenaje entre a las Pilas, rellenar las piletas y reforestar utilizando plantas nativas en el sustrato recuperado durante la etapa de preparación del sito.

3. Desmantelamiento de la planta de recuperación, neutralización de sus accesorios y disponer las partes en sitios autorizados o bien reusar en otras operaciones los implementos.

Los impactos ambientales relacionados con el apartado 5.9 de la Norma, tienen que ver con todos los elementos del sistema ambiental, pues prevé el restablecimiento de condiciones topográficas que minimicen la erosión y estabilidad del patio para posteriormente recolocar el suelo recuperado en la preparación del sitio plantando sobre él especies vegetales que iniciarán condiciones para el regreso de la fauna silvestre, prevé también el retiro de componentes técnicos de la planta de recuperación y el desmantelamiento de concretos.

3.6. Planes o programas de desarrollo.

3.6.1. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 pretende construir una propuesta pos neoliberal y de convertirla en un modelo viable de desarrollo económico, ordenamiento político y convivencia entre los sectores sociales. Para ello propone demostrar que sin autoritarismo es posible imprimir un rumbo nacional; que la modernidad puede ser forjada desde abajo y sin excluir a nadie y que el desarrollo no tiene porqué ser contrario a la justicia social. Para ello establece lineamientos y principios rectores el proyecto se vincula con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 en los lineamientos principalmente establecidos en política social y economía, relativo principalmente a Desarrollo sostenible, Detonar el crecimiento e Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo. Así como con el principio rector de Economía para el bienestar.

En lo relativo a la política social, respecto al Desarrollo sostenible, el plan señala que el gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin

comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Además, se guiará por una idea de desarrollo que subsane las injusticias sociales e impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, a los lazos de solidaridad, a la diversidad cultural ni al entorno.

Mientras que, en sus lineamientos de ECONOMÍA, referente a los, lineamientos para Detonar el crecimiento, señala que, respeto a los contratos existentes y aliento a la inversión privada El gobierno federal respetará los contratos suscritos por administraciones anteriores, salvo que se comprobara que fueron obtenidos mediante prácticas corruptas, en cuyo caso se denunciarán ante las instancias correspondientes.

Asimismo, que se alentará la inversión privada, tanto la nacional como la extranjera, y se establecerá un marco de certeza jurídica, honestidad, transparencia y reglas claras. El concurso de entidades privadas será fundamental en los proyectos regionales del Tren Maya y el Corredor Transístmico, en modalidades de asociación público-privada.

Ahora bien, en cuanto a impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo, se indica en dicho plan que una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados.

En virtud de lo anterior, el presente proyecto se vincula con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, por tratarse de una actividad encaminada al apoyo de nuevas inversiones en el sector minero, lo que generará un mayor desarrollo del sector, generación de empleos y la creación de nuevas empresas con un enfoque más sustentable, que le permiten cumplir con su objetivo de promover la inversión en el sector, uno de los objetivos primordiales para llevar a México a su máximo potencial, con una más amplia participación privada, social y ambiental en todos los niveles, que plantea el Plan Nacional de Desarrollo.

3.6.2. Programa de Desarrollo Minero (PDM) 2013-2018

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 25, que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo económico nacional y que para ello debe planear, conducir, coordinar y orientar la actividad económica nacional, así como llevar a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general.

Por otro lado, la Ley de Planeación determina que los programa se desarrollarán conforme lo establecido en la propia Ley y se sujetarán a las previsiones contenidas en el PND y especificará sus objetivos, prioridades y política. De dónde se ha venido mencionando, la estrategia 4.8.2. Promover mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero del PND vincula directamente al PDM.

La fracción II del artículo 7 de la Ley Minera, reglamentaria del artículo 27 constitucional establece que es atribución de la Secretaría de Economía elaborar y dar seguimiento al programa sectorial en materia minera.

En cumplimiento a lo anterior, y toda vez que no ha sido sustituido el publicado el 9 de mayo de 2014, se hace una vinculación del poryecto con el Programa de Desarrollo Minero 2013 – 2018, en el cual se puede observar que la inclusión de este proyecto contribuye plenamente a los objetivos y estrategias, tales como:

Objetivo 1 Promover mayores niveles de inversión y competitividad en el sector minero.

1.2. Promover la diversificación en la exploración y aprovechamiento de minerales, favoreciendo los de interés industrial.

1.5. Promover proyectos mineros como opciones de inversión.
Objetivo 2 Procurar el aumento del financiamiento en el sector minero y su cadena de valor.

2.1. Incentivar el desarrollo y la consolidación de la proveeduría al sector minero.
2.3. Promover el financiamiento de proyectos de preservación ambiental en el sector minero e impulso a nuevas tecnologías.

2.5. Promover financiamiento a plantas de beneficio y centros de acopio.
Con las inversiones a llevar a cabo en este proyecto, así como los cuidados y protección dirigidos hacia el medio ambiente, hacen que, no solo se fomente el sector minero como una fuente de inversión y desarrollo, sino que se beneficia de mejoras hacia la preservación del medio ambiente.

Con el presente proyecto se prevé un nuevo frente de desarrollo y que estará plenamente definido y ambientalmente monitoreado.

3.6.3. Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040. Construyendo el Futuro

El Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040 es el instrumento de planeación que tiene como finalidad establecer dónde estamos, hacia dónde queremos ir y cómo lograremos alcanzar esas metas. Es un documento producto del trabajo de la sociedad, la academia y el gobierno, en el que las y los guanajuatenses plasmamos la visión de la entidad que queremos construir. Es un plan que sintetiza lo que nuestro estado requiere para los próximos años y establece los caminos que debemos recorrer para poder edificar la sociedad justa, democrática, incluyente, desarrollada y armónica que todos queremos.

Es un documento que establece una ruta, la cual puede ser transitada si nos comprometemos y participamos en la consecución de sus objetivos y metas.

El Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040 se ha elaborado tomando en cuenta el marco normativo vigente de la planeación nacional y de la entidad junto con una serie de características que proceden de lineamientos y de buenas prácticas nacionales e internacionales, como son: la alineación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la perspectiva de género, el enfoque de derechos humanos y la gestión para resultados.

La actualización del Plan Estatal de Desarrollo se realizó en cumplimiento a lo establecido por la Ley de Planeación para el Estado de Guanajuato que, en su artículo 25, dispone que este instrumento deberá ser actualizado al quinto año de la administración en turno. De igual forma, la Ley reconoce al Plan como el instrumento rector del desarrollo de la entidad el cual deberá contener los objetivos y estrategias tanto sectoriales como regionales para un período de al menos veinticinco años.

Por su parte, el Reglamento de la Ley de Planeación para el Estado de Guanajuato señala, como contenido mínimo del Plan, la integración de un diagnóstico estratégico, prospectiva y escenarios, la visión de desarrollo a 25 años del cual se desprenden los objetivos y estrategias organizados de acuerdo a cuatro grandes ejes temáticos o dimensiones:

1. Humana y Social,
2. Económica,
3. Medio Ambiente y Territorio
4. Administración Pública y Estado de Derecho

Con la finalidad de asegurar la congruencia entre los instrumentos del Sistema Nacional de Planeación Democrática, SNPD, en la elaboración del Plan Estatal de Desarrollo se ha considerado la alineación de sus diferentes componentes a los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo. Dicho plan se concibe como un documento de trabajo

que rige la programación y presupuestación de toda la Administración Pública Federal el cual se ha estructurado a partir de cinco grandes metas nacionales y tres estrategias transversales

Las líneas, objetivos y estrategias planteadas en esta sección relativa a Humana y Social, son resultado del análisis realizado a través de los diferentes mecanismos de consulta respecto a los principales temas de interés para la sociedad guanajuatense; estos elementos de planeación constituirán la guía a seguir por las administraciones estatales quienes deberán reflejarlos en los programas de Gobierno y programas derivados subsecuentes

Línea Estratégica 1.1 Bienestar Social. Para generar un verdadero bienestar social, es necesario generar las condiciones para el desarrollo pleno de las y los guanajuatenses ya sea en el plano individual, familiar y en comunidad.

Objetivo 1.1.1 Abatir la pobreza en todas sus vertientes y desde sus causas.

Estrategia 1.1.1.1 **Incremento de las opciones de empleo y el ingreso digno**, en condiciones de igualdad.

Relativo a la Dimensión 2. Economía, el plan reconoce que, la construcción de una economía sólida, diversificada y con desarrollo regional equilibrado es el propósito económico para contribuir a alcanzar el pleno desarrollo en Guanajuato al 2040. Para lograr este propósito se deberán consolidar diversos elementos clave como: el impulso a los motores económicos actuales basados en la producción primaria para lograr el incremento de la productividad; gestionar nuevos modelos económicos basados en un desarrollo de la economía del conocimiento; el aprovechamiento de encadenamientos potenciales de valor agregado hacia el consumidor y el desarrollo eficiente de la proveeduría; promover el emprendimiento y el desarrollo empresarial de nuevas empresas y de jóvenes; la promoción de la integración comercial y económica, mediante el aprovechamiento de los acuerdos y tratados comerciales, y finalmente consolidar el progresivo mejoramiento de la infraestructura industrial y logística de la entidad.

Derivado del análisis estadístico de los temas presentados en los apartados anteriores y de la consulta social realizada a través de los diferentes mecanismos implementados, se han identificado algunos de los retos que obstaculizan el paso de la entidad hacia una mejor condición de desarrollo.

Empleo y competitividad

Impulsar 60 mil nuevos empleos anuales en promedio, para satisfacer la incorporación de la población a la fuerza laboral.

Articulación productiva

Mejorar y simplificar los procesos y trámites que entorpecen la captación de nuevas inversiones, con el fin de ofrecer el entorno adecuado de nuevos proyectos de inversión.

Diversificar la participación de las actividades económicas en la economía estatal.

Consolidar la integración de las empresas locales y los clústeres económicos en las cuatro regiones del estado.

Impulsar políticas públicas en materia de infraestructura logística, movilidad, conectividad y disponibilidad energética, así como el uso sustentable de los recursos naturales.

Elevar la competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas de Guanajuato de los sectores de vocación a través de la transformación tecnológica y el fortalecimiento de sus cadenas de valor.

Posicionar y diversificar el comercio exterior y la internacionalización de las empresas locales, que detonen su crecimiento y el desarrollo económico del estado.

Las líneas, objetivos y estrategias planteadas de la Dimensión 2. Economía son resultado del análisis realizado a través de los diferentes mecanismos de consulta respecto a los principales temas de interés para la sociedad guanajuatense; estos elementos de planeación constituirán la guía a seguir por las administraciones estatales quienes deberán reflejarlos en los programas de Gobierno y programas derivados subsecuentes.

Línea Estratégica 2.1. Empleo y Competitividad. Implica fortalecer la condición de competitividad y crear más y mejores empleos en el panorama nacional e internacional. Esto se logra mediante una oferta de capital humano de calidad, la atracción de inversión nacional y extranjera que dinamiza el sector económico local, la generación de productos y servicios demandados y comercializados en mercados internacionales y el desarrollo de nuevos emprendimientos a partir de ecosistemas colaborativos de innovación y tecnología.

Objetivo 2.1.2 Consolidar al estado como un destino favorable para la inversión extranjera.

Estrategia 2.1.2.1 Optimización de la regulación y normativa para estimular la atracción de inversiones.

Estrategia 2.1.2.2 Aseguramiento de una infraestructura industrial y logística de vanguardia, que facilite y disminuya los costos para realizar de manera productiva las actividades económicas.

Estrategia 2.1.2.3 Promoción del estado para la atracción de inversiones.

Línea Estratégica 2.2. Articulación Productiva. Impulsar la diversificación productiva, tanto del sector primario como industrial, con base en la implementación de tecnologías y procesos de innovación para la generación de bienes y servicios, con un especial énfasis en el desarrollo e integración de las pequeñas y medianas empresas en las cadenas de valor y proveeduría del estado.

Objetivo 2.2.1. Aprovechar las ventajas comparativas, locales y regionales, y activar las cadenas de valor que incluyen a las micro, pequeñas y medianas empresas locales que generan el desarrollo económico y social de sus comunidades.

Estrategia 2.2.1.2 Desarrollo de clústers económicos estratégicos, mediante la promoción de las vocaciones productivas existentes a nivel regional y sectorial.

Estrategia 2.2.1.3 Desarrollo de competencias y habilidades de la fuerza laboral y de una cultura empresarial de alta competencia con perspectiva de género.

Estrategia 2.2.1.4 Desarrollo de proveeduría en el estado para consolidar las cadenas de valor locales y globales.

Con relación a la Dimensión 3 Medio Ambiente y Territorio, el plan considera que el desarrollo no es algo en que se pueda pensar abstractamente, su planificación está ligada de manera directa al espacio del territorio, con sus características físicas, naturales y sociales, así como en sus diversas escalas. Es el territorio el soporte que contiene las condiciones y necesidades de hombres y mujeres, y su relación integral para el desarrollo, para avanzar hacia sociedades más igualitarias, solidarias y cohesionadas, considerando la igualdad de derechos, medios, capacidades y acceso a resultados como eje transversal.

Igualmente, para impulsar la cultura de cuidado y preservación del medio ambiente, se busca romper con la inercia de los últimos años con respecto a la generación de residuos sólidos urbanos per cápita. Esto contribuirá a mejorar la calidad ambiental, al mismo tiempo que disminuye la carga colateral que implica a los servicios de limpieza municipales. En el escenario conservador, esta cifra habrá disminuido a 0.29 toneladas de residuos sólidos urbanos producidos por habitante; mientras tanto, en el escenario optimista, cada guanajuatense produciría sólo 0.24 toneladas de estos desechos.

Las líneas, objetivos y estrategias planteadas en esta sección son resultado del análisis realizado a través de los diferentes mecanismos de consulta respecto a los principales temas de interés para la sociedad guanajuatense; estos elementos de planeación constituirán la guía a seguir por las administraciones estatales, quienes deberán reflejarlos en los programas de Gobierno y programas derivados subsecuentes.

Línea Estratégica 3.1 Medio Ambiente. Transitar decididamente hacia un balance hídrico y equilibrio ambiental que asegure la sostenibilidad del desarrollo en Guanajuato en todos sus ámbitos.
Objetivo 3.1.1 Garantizar la disponibilidad y calidad del agua de acuerdo con sus diferentes destinos.

Estrategia 3.1.1.1 Crecimiento y consolidación de la infraestructura hidráulica, para la captación y la distribución eficiente del agua.
Estrategia 3.1.1.2 Administración eficiente del recurso hídrico, tanto en el ámbito urbano como en el rural.
Estrategia 3.1.1.3 Fomento de una conciencia para el uso racional y sustentable del agua en los diversos sectores de la población.
Estrategia 3.1.1.4 Implementación de sistemas de uso sustentable del agua en los sectores productivos.

Objetivo 3.1.2 Lograr una adecuada gestión del medio ambiente que favorezca el aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales.
Estrategia 3.1.2.1 Actualización y armonización del marco normativo en materia de conservación del medio ambiente y protección de la biodiversidad en la entidad.
Estrategia 3.1.2.2 Protección y conservación de la biodiversidad y los ecosistemas en el territorio estatal.
Estrategia 3.1.2.3 Remediación de pasivos ambientales y puntos críticos de contaminación en el territorio estatal
Estrategia 3.1.2.4 Difusión y protección del patrimonio natural del estado con enfoque incluyente.
Estrategia 3.1.2.5 Gestión integral de residuos con base en la valorización y la generación de energía.

Objetivo 3.1.3 Desarrollar entre los diferentes sectores de la sociedad las capacidades para la mitigación y adaptación al cambio climático.
Estrategia 3.1.3.1 Control de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Estrategia 3.1.3.2 Conservación y restauración del suelo y de la vegetación nativa.
Estrategia 3.1.3.3 Promoción de medidas, acciones y proyectos para la adaptación de los asentamientos humanos a los efectos del cambio climático con enfoque de igualdad de género.

Estrategia 3.1.3.4 Promoción y desarrollo de fuentes de energía renovables, así como incremento de la eficiencia energética.

La dimensión Administración Pública y Estado de Derecho constituye la cuarta y última dimensión que conforma el Plan Estatal de Desarrollo 2040; en ésta, como su nombre lo establece, se conforma de los principales temas que rigen la actuación y desempeño de la administración pública estatal, así como el marco institucional que vela por el cumplimento de la seguridad, la convivencia armónica y la paz social pues estos son el fundamento del Estado de Derecho.

Por lo anterior el “CERRO DEL GALLO” se suma a las estrategias 3 y 4 apoyando al crecimiento de la economía mediante la generación de empleos, pero contribuyendo a un medio ambiente sustentable con la implementación de medidas para mitigar los impactos ambientales y la instalación de sistemas para minimizar la contaminación, como es el control de lixiviados, el manejo del agua y la gestión de los residuos generados.

3.6.4. Plan Municipal de Desarrollo 2015-2035 para Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato

El objetivo principal de este documento, es que el Municipio de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional cuente con un instrumento de planeación que le permita promover un desarrollo integral con un horizonte de planeación al año 2035, guardando la congruencia con los objetivos y las estrategias señaladas en el Plan Nacional de desarrollo 2035, y cumpliendo con los plazos señalados por la ley. El plan establece objetivos estratégicos para el desarrollo del Municipio:

1. Humano y social
2. Administración Pública y Estado de derecho
3. Economía
4. Medio Ambiente y territorio
5. Modelo de desarrollo territorial

El **“CERRO DEL GALLO”**, integra a la ejecución de este PMD contribuyendo al cumplimiento de objetivos a través de la derrama económica con las actividades mineras presentando un importante crecimiento de fuentes de empleo directos e indirectos, y de mano de obra calificada, incluyendo para las acciones necesarias a realizar en materia de protección y conservación de la flora, fauna, suelo y agua.

3.7. Otros fundamentos legales.

Al tratarse el proyecto de una unidad minera quien tiene por objeto principal la exploración, explotación y beneficio de mineras con contenido de valores de oro y plata, razón por la que, de conformidad con el artículo 27 de nuestra carta magna y 5° fracción XIV corresponde a la Federación la regulación de las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de los minerales, substancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a la nación, en lo relativo a los efectos que dichas actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente.

Sin embargo, de acuerdo a lo establecido, en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, es facultad de las autoridades estatales y municipales la verificar el cumplimiento de los instrumentos y disposiciones jurídicas y Autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial y sólidos urbanos respectivamente.

Tomando en cuenta lo anterior, esta materia en el estado de Guanajuato se regula mediante la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato y la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato, en relación a este tema tenemos las siguientes disposiciones:

3.7.1. Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.

Esta Ley fue publicada en el Periódico Oficial, 8 de febrero del 2000, mediante decreto número 229, es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo

sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como regular las acciones tendientes a proteger el ambiente en el Estado de Guanajuato.

ARTÍCULO 122.- Es competencia del Ejecutivo del Estado y de los ayuntamientos, para evitar la contaminación del agua de jurisdicción estatal:
I.- Las descargas de origen industrial o agropecuario que viertan al alcantarillado municipal o a cualquier cuerpo receptor de aguas de jurisdicción estatal;
II.- Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras que se viertan a cuerpos receptores de aguas de jurisdicción estatal;
III.- Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en actividades de extracción de recursos no renovables; y
IV.- El vertimiento de residuos sólidos no peligrosos en cuerpos y corrientes de agua.

ARTÍCULO 122.- Es competencia del Ejecutivo del Estado y de los ayuntamientos, para evitar la contaminación del agua de jurisdicción estatal:
I.- Las descargas de origen industrial o agropecuario que viertan al alcantarillado municipal o a cualquier cuerpo receptor de aguas de jurisdicción estatal;
II.- Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras que se viertan a cuerpos receptores de aguas de jurisdicción estatal;
III.- Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en actividades de extracción de recursos no renovables; y
IV.- El vertimiento de residuos sólidos no peligrosos en cuerpos y corrientes de agua.

ARTÍCULO 128.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:
I.- La contaminación del suelo;
II.- Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos; y
III.- Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, riesgos y problemas de salud.

Vinculación: Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de la MIA ha identificado los residuos que pueden generarse durante distintas etapas y componentes del proyecto, así como su posible impacto al ambiente por una mala disposición y manejo. Para lo cual, y con el fin de prevenir y minimizar las afectaciones al ambiente, se han propuesto una serie de medidas preventivas que ayudarán con la prevención, entre ellas, se enlista la colocación de contenedores en las áreas de trabajo, la prohibición de depositar residuos o materiales peligrosos sobre suelo natural, la implementación de almacenes temporales, entre otros.

Todas las medidas se integrarán en su momento en los planes de manejo correspondientes**.** Bajo la aplicación de este programa y aunado a las medidas actuales, se pretende llevar un adecuado manejo integral de los residuos.

3.7.2. Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato.

Esta ley fue Publicada en el Periódico Oficial Núm. 74, Segunda Parte, del 10 de mayo de 2005 es de orden público e interés general y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable por medio de la regulación, de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la prevención de la contaminación y la remediación de suelos contaminados con residuos, estableciendo para los generadores de dichos residuos las siguientes obligaciones:

Artículo 16. Los planes de manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, deberán estar encaminados, entre otros a:

I. Identificar formas de prevenir o reducir su generación;

II. Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados;

III. Establecer mecanismos para reutilizar, reciclar o aprovechar los residuos que no se puedan evitar, de conformidad con las disposiciones legales aplicables y en la medida

que esto sea ambientalmente adecuado, económicamente viable y tecnológicamente factible;

IV. Reducir el volumen y riesgo en el manejo de los residuos que no se puedan valorizar, de conformidad con las disposiciones legales aplicables;

V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible, y

VI. Disponer finalmente en un relleno sanitario o en un sitio controlado, según corresponda, los residuos que no puedan ser susceptibles de valorizarse.

Artículo 18. Estarán obligados a la formulación y ejecución de los planes de manejo los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial que se incluyan en los listados de residuos sujetos a planes de manejo, de conformidad con las normas oficiales mexicanas correspondientes.

Artículo 19. La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:

I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;

II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores, y

III. Que se trate de residuos que representen un riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

Artículo 20. Los grandes generadores de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, deberán integrar una propuesta para sustentar el desarrollo de cada uno de los planes de manejo, que se entregará a la Secretaría para su validación y en la cual se asentará, entre otros, lo siguiente:

I. El nombre, la denominación o razón social de quien presente la propuesta, del representante legal en su caso, el nombre de los autorizados para recibir notificaciones,

al órgano administrativo al que se dirijan, el lugar y fecha de formulación. La propuesta deberá estar firmada por el interesado o su representante legal;
II. Los residuos generados que serán objeto de los planes de manejo;
III. Los procedimientos, métodos o técnicas que se emplearán en la reutilización, reciclado o tratamiento de los residuos;
IV. Las empresas autorizadas y registradas como prestadoras de servicios que se ocuparán del manejo integral de los residuos sujetos a los planes de manejo, en cualquiera de sus etapas;
V. Cronograma enunciando las principales actividades y sus fechas de implantación, así como la periodicidad para evaluación y entrega de actualizaciones;
VI. Los responsables de la implantación y seguimiento de los planes de manejo correspondientes;
VII. La indicación de que parte de la información proporcionada a la Secretaría deberá manejarse de manera confidencial por tratarse de información privilegiada de valor comercial, y
VIII. Los indicadores para evaluar el desempeño del plan de manejo.

Artículo 32. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos por la Ley general y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:
IV. Residuos industriales no peligrosos generados en instalaciones o por procesos industriales que no presentan características de peligrosidad, conforme a la normatividad ambiental vigente;
VIII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;

Artículo 33. Los residuos sólidos urbanos podrán clasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y demás ordenamientos legales aplicables.

Artículo 34. La clasificación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial sujetos a planes de manejo, se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan.

Artículo 35. Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean generados en el Estado, deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley y demás disposiciones que resulten aplicables.

Artículo 36. Es obligación de toda persona generadora de residuos sólidos urbanos y de manejo especial:

I. Separar y reducir la generación de residuos;

II. Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos;

III. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas aplicables al manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial;

IV. Poner en conocimiento de las autoridades competentes las infracciones que se estimen se hubieran cometido contra la normatividad de los residuos, y

V. Las demás que establezcan los ordenamientos jurídicos aplicables.

Artículo 37. Los grandes generadores de residuos de manejo especial, están obligados a:

I. Registrarse ante la Secretaría y obtener autorización para su manejo;

II. Establecer los planes de manejo y registrarlos ante la Secretaría, en caso de que requieran ser modificados o actualizados, notificarlo oportunamente a la misma;

III. Utilizar el sistema de manifiestos que establezca la Secretaría, para hacer el seguimiento de la generación y formas de manejo de sus residuos a lo largo de su ciclo de vida integral;

IV. Llevar bitácoras en la que registren el volumen y tipo de residuos generados y la forma de manejo a la que fueron sometidos;

V. Llevar a cabo el manejo integral de sus residuos, de conformidad con las disposiciones de esta Ley y otros ordenamientos que resulten aplicables, y
VI. Presentar a la Secretaría un informe anual de los volúmenes de generación y formas de manejo de los residuos de manejo especial generados en grandes volúmenes.

Artículo 46. Es responsabilidad de todo generador de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, buscar alternativas e implementar acciones para reducir o minimizar la generación o en su caso, procurar la biodegradabilidad de los mismos.

Artículo 47. Todo generador de residuos deberá llevar a cabo su separación con el objeto de evitar que se mezclen con otros generados en las actividades que realice y prolongar su vida útil.

Artículo 50. Toda persona tendrá la obligación de buscar el mejor aprovechamiento y utilidad de los residuos. Para tal efecto en sus actividades domiciliarias, industriales, comerciales o de servicios buscará reutilizar los residuos que genere.

Artículo 54. La recolección de residuos de manejo especial es obligación de sus generadores quienes podrán contratar con una empresa de servicio de manejo la realización de esta etapa.

Artículo 55. Los vehículos destinados a la recolección y traslado o transportación de residuos, preferentemente deberán contar con contenedores distintos que hagan factible su acopio por separado.

Artículo 56. La transportación de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el Estado, se realizará con la autorización de las autoridades estatales y municipales en materia de su competencia.

Artículo 64. Es responsabilidad de toda persona que genere y maneje residuos, hacerlo de manera que no implique daños a la salud humana ni al ambiente.

Vinculación: Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de la MIA ha identificado los residuos que pueden generarse durante las etapas y componentes del proyecto, así como su posible impacto al ambiente por una mala disposición y manejo. Para lo cual, y con el fin de prevenir y minimizar las afectaciones al ambiente, se han propuesto una serie de medidas de prevención, minimización y compensación por el manejo de residuos de manejo especial y sólidos urbanos; así mismo, se diseñará e implementará un plan de manejo de estos residuos, conforme a lo dispuesto en la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato y la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo publicada en el Diario Oficial de la Federación del 1 de febrero de 2013.

Este plan de manejo tendrá como objeto general la identificación de las fuentes generadoras en la Unidad minera, así como, la cuantificación de estos, la determinación identificación de sus características, las alternativas de minimización, procedimientos internos para manejar, transportar y almacenar los residuos de manejo especial dentro y fuera del proyecto. Así como:

- Dar cumplimiento a las regulaciones ambientales con relación a la gestión de residuos de manejo especial.
- Minimizar los impactos generados por los residuos de manejo especial durante la ejecución del proyecto.
- Reducir los costos asociados con el manejo de los residuos de manejo especial y la protección al medio ambiente.
- Impedir que se generen basureros a cielo abierto y con ello el principal foco de contaminación asociado a los residuos generados por la actividad humana.

- Cuidar el medio ambiente, contribuyendo a mitigar impactos ambientales negativos.
- Describir los procedimientos para el manejo de los diferentes tipos de residuos de manejo especial generados en los sitios de las instalaciones y para su manejo y disposición adecuada, según su tipo.
- La administración y regulación del material colocado en el almacén de residuos de manejo especial, llevando de esta forma un mejor control de las entradas y salidas del mismo.

El manejo de los residuos en la unidad minera se llevará a cabo bajo los siguientes principios generales:

- Considerar alternativas potenciales de reuso, reciclaje y valorización.
- Se prohíbe arrojar o abandonar residuos de manejo especial de cualquier especie en cualquier área de la unidad minera y general en cualquier sitio que no esté autorizado.
- Se prohíbe almacenar residuos de manejo especial a cielo abierto en áreas no autorizadas.
- Mantener libres de residuos de manejo especial las áreas de trabajo, así como todas las instalaciones, debiendo recogerlos, seleccionarlos y colocarlos en los sitios y condiciones apropiadas según sus características.
- Inicialmente depositará los residuos por separado en contenedores o áreas autorizadas, de acuerdo a la clasificación establecida.
- Los depósitos de residuos deberán colocarse en sitios estratégicos al alcance de los trabajadores.
- Deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con residuos de manejo especial o cualquier otro tipo de residuos, para no contaminarlos o provocar reacciones que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales.
- Se prohíbe el almacenamiento de residuos de manejo especial por un período mayor de seis meses a partir de su generación, excepto aquellos residuos que

se descompongan los cuales se tendrán que disponer previo a que esto ocurra, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente.

- El establecimiento de programas de minimización.

Este Plan estará dirigido a todo el personal y contratistas que laboran en el Proyecto, que realicen actividades en las que se generan residuos de manejo especial

3.8. Conclusiones.

Este es un condensado de los diferentes ordenamientos normativos que se vinculan con el proyecto:

Tabla III. 9. Condensado de vinculación con normatividad vigente

Vinculación aplicable		
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA)		
Tiene como objeto el propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para lograr la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente, la biodiversidad y los ecosistemas	**Actividades**	
Previo a la realización del proyecto	**1.1**	Presentación de la MIA-R en conformidad con el Artículo 5, incisos L y O, del Reglamento de la LGEEPA, para su evaluación en materia de Impacto Ambiental como de cambio de uso del suelo para la autorización del proyecto, en una sola Manifestación y trámite conforme al Artículo 14 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.2**	Cumplimiento de las obras del proyecto para con las disposiciones en materia de residuos peligrosos y descargas de aguas residuales del personal que participará en las obras.
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.3**	Llevar a cabo el registro, integración y presentación de los conceptos del proyecto que son de competencia federal en el reporte de la COA que anualmente deberá presentar la empresa San Antón de Las Minas S.A. de C.V.
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.4**	El aprovechamiento y manejo de las especies y poblaciones en riesgo en la superficie del proyecto, se debe llevar a cabo de acuerdo a lo establecido en el artículo 87 de la LGEEPA.
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental		
Tiene por objeto reglamentar la LGEEPA, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal	**Actividades**	
Previo a la realización del proyecto	**1.5**	Evaluación del Impacto Ambiental.
	1.6	Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental y ER.
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera		
Tiene por objeto reglamentar la LGEEPA, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera	**Actividades**	
Etapas tempranas de preparación y construcción, y hasta las etapas de cierre y abandono del proyecto	**1.7**	Cumplimiento de las disposiciones normativas en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos		
	Actividades	
Todas las Etapas del proyecto	**1.8**	Registrarse ante la Secretaria como generador de Residuos Peligrosos.

Vinculación aplicable		
	1.9	Tramitar ante la Secretaria la Licencia Ambiental Única y llevar a cabo el cumplimiento de las condicionantes plasmadas en la misma, incluyendo la presentación de la Cedula de Operación Anual (COA).
	1.10	Proseguir con el registro, envasado, etiquetado, almacenamiento y transferencia de residuos peligrosos en la mina Cerro del Gallo, acorde con los protocolos que serán establecidos en las operaciones de explotación, beneficio y mantenimiento, registrándolos mediante bitácoras, registros en computadora y etiquetado de los contenedores de los mismos.
	1.11	Continuar con los procedimientos de control de los residuos peligrosos mediante las directrices que se implementarán en la mina Cerro del Gallo para el acopio, manejo, disposición, clasificación, rotulamiento y remisión a los almacenes de transferencia temporal que se dispondrán en las diferentes áreas de la mina.
	1.12	Proseguir con el control de los residuos peligrosos mediante los almacenes de transferencia, llevar a cabo el control mediante los manifiestos de generación, transporte y recepción correspondientes, reportando en la COA las cantidades generadas, misma que rutinariamente se elabora y reporta a la Secretaría por parte de la mina Cerro del Gallo.
Prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos, urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación en caso necesario	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.13**	Los residuos inertes generados en las actividades administrativas o en la atención del personal vinculado con las obras y actividades del proyecto, enviarlos al relleno de la localidad de Dolores Hidalgo.
	1.14	En el desmonte de los conceptos de obra del proyecto, prever el control y disposición de los residuos vegetales generados, con las precauciones de acopio y retiro de las especies listadas en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010 o bajo algún tipo de estatus de protección especial.
	1.15	Durante las etapas involucradas en el Cronograma General de Trabajo, para los conceptos de obra y actividades del proyecto, manejar los residuos peligrosos de forma segura y ambientalmente adecuada, utilizando los servicios y facilidades disponibles en la mina, clasificándolos, rotulándolos e integrándolos según su tipo a los reportes en bitácora y controles de manejo y disposición en cumplimiento con las disposiciones establecidas en el Reglamento de esta Ley, incluyendo el control de manifiestos de generación, transporte y disposición final.
	1.16	Realizar la remisión y envío de los residuos peligrosos a los almacenes de transferencia y de ahí a su disposición final por medio de transportistas y empresas de confinamiento o tratamiento autorizadas por la Secretaría.
	1.17	Establecer medidas y procedimientos para prevenir la contaminación por residuos sólidos, no peligrosos y de manejo especial desde las etapas tempranas de Preparación y Construcción hasta las etapas de Postoperación, Cierre y Abandono, cuando el yacimiento llegue al agotamiento de sus reservas minerales y cese toda actividad en la mina.
	1.18	En aquellas instalaciones donde se hayan manejado residuos peligrosos, deben quedar libre de ellos al finalizar las actividades o llegar al cierre de las mismas. Los sitios que hayan resultado contaminados deben ser sujetos a medidas de remediación y revegetación para integrar en lo posible los sitios afectados y devolver las condiciones originales del lugar. La gestión se llevará a cabo acorde con el Plan de Abandono que elabore y presente la promovente a la Secretaría para su autorización y aplicación.
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes		
Tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en lo que toca al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes	**Actividades**	
Etapas de Preparación hasta cierre del proyecto	**1.19**	Integración y presentación de la COA para aquellos contaminantes que puedan caer en los listados de competencia federal.
Reglamento de Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)		
Tiene por objeto reglamentar La Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos	**Actividades**	

Vinculación aplicable		
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.20**	Identificar los residuos peligrosos de acuerdo a la LGPGIR o a las Normas Oficiales correspondientes que apliquen en esta materia.
	1.21	Las bitácoras deben contener lo indicado en el Art. 71 del Reglamento de la LGPGIR.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)		
Tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, aprovechamiento, manejo, cultivo y producción de los recursos forestales del país, a fin de propiciar el desarrollo sustentable	**Actividades**	
Previo a la realización del proyecto	**1.22**	Presentar previamente ante la Secretaria la solicitud para el cambio de uso de suelo mediante un Estudio Técnico Justificativo, en las áreas de los conceptos de obra que presenten características del tipo forestal de acuerdo a la Ley (LGFDS) y su Reglamento.
	Actividades	
Etapas de preparación y construcción	**1.23**	Permiso:
	1.24	Solicitar la autorización de cambio de utilización de suelo forestal en los sitios cuyas características y tipo de vegetación requieren de este trámite.
	1.25	Cumplimiento de las disposiciones del reglamento de la LGDFS en cuanto al aprovechamiento del material retirado de las superficies que presenten características del tipo forestal.
Ley de Aguas Nacionales (LAN)		
Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad área lograr un desarrollo integral sustentable	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.26**	Conservación de los mantos superficiales y subterráneos, preservando su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.
	1.27	Solicitar ante CONAGUA los permisos de concesión por el consumo de aguas del subsuelo que se utilizara en el proceso industrial y en los servicios, a través del aprovechamiento de aguas subterráneas. En el caso de requerir en los volúmenes llevar a cabo las modificaciones administrativas correspondientes en los títulos de concesión ante el REPDA.
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales		
Tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.28**	Proseguir con el cumplimiento del pago de derechos ya sea por concepto de revisión de expedientes, por expedición de nuevos títulos de concesión en su caso, como en eventos de descargas residuales sanitarias; que serán almacenadas en recipientes de plástico y recolectadas por un contratista para ser llevadas a la localidad de Dolores Hidalgo e integrarlas a la red de drenaje de la comunidad.
	1.29	Mantener y construir las bermas y Contracunetas necesarias en los caminos de acarreo para control de avenidas de agua meteórica, mantener los canales de desvío de aguas pluviales en las Pilas de Lixiviación, prever el control de agua de lluvia en la plantilla y taludes de la tepetatera, como en el área del tajo y áreas que requieran de este tipo de control.
	1.30	Conservar y mantener en buen estado de operación los medidores, sistemas de bombeo y tuberías para los volúmenes aprovechados de aguas subterráneas.
Ley Minera		
Es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional	**Actividades**	
Etapas de Exploración, Explotación y Beneficio de minerales	**1.31**	Disponer los terreros en la superficie que amparan las concesiones mineras (Art. 19, Fracc. III) y proseguir con el cumplimiento del pago de derechos por concesiones de lotes mineros (Art. 27, fracc. II).
	1.32	Sujetarse a las normas oficiales aplicables en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y protección al ambiente (Art. 27, fracc. IV).
Reglamento de la Ley Minera		
Tiene por objeto reglamentar la Ley Minera	**Actividades**	

Vinculación aplicable		
Etapas de preparación, construcción, exploración, explotación y beneficio de minerales	**1.33**	Para las obras y actividades mineras, se debe cumplir con las disposiciones de la LGEEPA, sus reglamentos y normas oficiales aplicables (Art. 62).
Ley de Armas de Fuego y Explosivos		
Establece las directrices para el control de armas de fuego y explosivos bajo competencia exclusiva de permisos otorgados por la SEDENA	**Actividades**	
Etapas de Exploración y Explotación de minerales y residuos mineros	**1.34**	Obtener los permisos anuales correspondientes para el almacenamiento, transporte, uso de explosivos y materiales de artificios que se utilizan en las voladuras por parte de la SEDENA.
	1.35	Los permisos de carácter ordinario que otorgue la SEDENA son intransferibles.
Reglamento de la Ley de Armas de Fuego y Explosivos		
Tiene por objeto reglamentar la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos	**Actividades**	
Etapas de Exploración y Explotación de minerales y residuos mineros	**1.36**	Formular con dos meses de anticipación la renovación de los permisos para transporte y uso de explosivos y materiales de artificios detonantes que se emplearán en las voladuras de la explotación minera a cielo abierto.
	1.37	Las características constructivas y de seguridad de los planos de los proyectos de los polvorines deben sujetarse a las medidas de control y seguridad que disponga la SEDENA en las solicitudes de permiso y en las autorizaciones correspondientes.
Ley General de Vida Silvestre		
Establece la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio nacional	**Actividades**	
Todas las Etapas del proyecto	**1.38**	Cumplir con las disposiciones de esta Ley vinculada a su vez con las disposiciones de la LGEEPA.
	1.39	Los propietarios y legítimos poseedores de predios deben conservar el hábitat (Art. 85).
	1.40	El manejo de ejemplares exóticos sólo puede llevarse a cabo mediante un plan de manejo autorizado por la Secretaría (Art. 87).
Reglamento de Ley General de Vida Silvestre		
Tiene por objeto reglamentar La Ley General de Vida Silvestre	**Actividades**	
Todas las Etapas del Proyecto	**1.41**	Cumplir con las disposiciones comunes para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre.
NOM-052-SEMARNAT-1993		
Que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.44**	Identificación, clasificación y disposición de residuos, control en bitácoras, manejo mediante transportistas y empresas autorizadas, reporte en la COA.
NOM-054-SEMARNAT-1993		
Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación y Cierre	**1.45**	Prever la compatibilidad o incompatibilidad en el manejo, almacenamiento temporal y transporte de residuos peligrosos.
NOM-059-SEMARNAT-2010		
Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo	**Actividades**	
Previo a la realización del proyecto	**1.46**	Cumplir con la identificación de especies de flora y fauna silvestres en riesgo.
NOM-060-SEMARNAT-1994		

Vinculación aplicable		
Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal	**Actividades**	
Etapa de preparación	**1.47**	Establecer medidas de control durante las actividades de despalme y desmonte en las áreas que presenten características forestales.
NOM-061-SEMARNAT-1994		
Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal	**Actividades**	
Etapas de preparación	**1.48**	Establecer medidas de control durante las actividades de despalme y desmonte en las áreas que presenten características forestales.
NOM-080-SEMARNAT-1994		
Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.49**	Realizar monitoreos periódico en materia de ruido en ambiente laboral como perimetral.
NOM-155-SEMARNAT-2007		
Establece los requisitos de protección ambiental para los Sistemas de Lixiviación de Oro y Plata	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.50**	Aplicación general de los criterios establecidos en la citada Norma en todas las etapas del proyecto.
	1.51	Determinar el potencial de generación de drenaje acido con el método del Anexo Normativo 5 de la NOM-141-SEMARNAT-2003.
	1.52	Aplicar la prueba de extracción de constituyentes tóxicos sobre muestras de colas lixiviadas de la operación (Prueba de Movilidad), comparando el extracto PECT (lixiviado) con la Tabla 2 de la Norma Oficial NOM-052-SEMARNAT-2005.
NOM-157-SEMARNAT-2009		
Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros	**Actividades**	
Etapa de Operación	**1.53**	Realizar Plan de Manejo de Residuos Mineros para definir y aplicar las medidas necesarias que aseguren su manejo integral, tomando en cuenta los aspectos administrativos, económicos, tecnológicos, sociales y de índole ambiental. La gestión integral tendrá como propósito establecer las actividades para su manejo con objeto de lograr su prevención, minimización y valorización, generando dentro del Plan mecanismos de caracterización, evaluación, actualización y mejora continua, así como los procedimientos y formatos de registro de los programas que se lleven a cabo dentro del Plan de Manejo propuesto.
	1.54	Las muestras para caracterización de la peligrosidad de los residuos mineros provendrán de la operación (numeral 5.4.2.4.2).
	1.55	Determinar el potencial de generación de drenaje ácido en los residuos mineros con el método del Anexo Normativo 5 de la NOM-141-SEMARNAT-2003.
	1.56	Si las concentraciones totales base seca de los constituyentes tóxicos mediante análisis del tepetate y terreros de baja ley, son mayores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Cuadro 2 de la Norma No. NOM-157-SEMARNAT-2009, el método para la movilidad será por selección de una de las pruebas de extracción de los constituyentes tóxicos (numeral 5.4.2.4.2).
Establece las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en minas	**Actividades**	
Etapas de explotación, desarrollo, tumbe, rezagado, extracción de minerales y tepetate	**1.57**	Mantener el cumplimiento de las disposiciones normativas, obligaciones patronales y del trabajador en los trabajos relativos al minado del tajo.
	1.58	Mantener la vigencia e implementación de los procedimientos seguros del trabajo relativos a los trabajos en los tajos a cielo abierto.
	1.59	Proseguir con la dotación a los trabajadores del equipo de seguridad conforme a la NOM-017-STPS-2001
	1.60	Dar aviso de los accidentes de trabajo conforme a la NOM-021-STPS-1994.
	1.61	Proseguir con la dotación de extintores conforme a la NOM-002-STPS-2000.

Vinculación aplicable		
	1.62	Proseguir con el cumplimiento para el manejo de materiales conforme a la NOM-006-STPS-2000.
	1.63	Proseguir en lo relativo a las Comisiones de Seguridad e Higiene conforme a la NOM-019-STPS-1993.
	1.64	Proseguir con el cumplimiento relativo a los recipientes sujetos a presión conforme a la NOM-020-STPS-2002.
	1.65	Continuar con el cumplimiento de los Análisis de Riesgos Potenciales para el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE).
	1.66	Proseguir con los Procedimientos Seguros del Trabajo para almacenamiento, manejo, transporte y uso de explosivos, para transporte de personal al interior del tajo y actividades de excavación, como para el traslado de sustancias químicas y materiales.
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002		
Protección y salud ambiental, residuos peligrosos biológico-infecciosos, clasificación y especificaciones de manejo	**Actividades**	
Etapa de operación	**1.67**	Controlar, operar, manejar y disponer este tipo de residuos mediante las instalaciones de servicios médicos existentes en Dolores Hidalgo.
NOM-127-SSA1-1994		
Agua para consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse para su potabilización	**Actividades**	
Todas las etapas del proyecto	**1.68**	Cumplir con esta norma en la provisión y abastecimiento de agua para consumo humano disponible en la población de San Antón de las Minas.
NOM-011-STPS-2001		
Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido	**Actividades**	
Etapas de Preparación, Construcción, Operación, Mantenimiento, Postoperación, Cierre y Abandono	**1.69**	Dotar de equipo de Protección Personal para ruido, polvo y trabajo pesado, como lo especifica la NOM-017-STPS-2001 para centros de trabajo en ambiente laboral.

Con base en las disposiciones de las distintas leyes, reglamentos y normatividad en materia ambiental sobre el análisis de los factores multimedia que pueden resultar afectados por causas del proyecto, se pueden hacer las siguientes conclusiones:

1. Las obras a realizar en el Proyecto **"CERRO DEL GALLO"** están contempladas en un el plan de operaciones de Minera San Antón de las Minas, S.A. de C.V., en cuanto a la instalación de infraestructura requerida para el beneficio de los minerales procedentes Considerando el tiempo de vida útil del proyecto, de acuerdo a lo proyectado para el año 17 después de iniciada las actividades, se prevé se suspendan las operaciones e inicia la etapa de monitoreo, acorde con el plan de cierre y retiro de infraestructura en un periodo de 2 años, por lo que se contempla que para finales del año 2035 no se tendrá actividad minera en el sitio.

2. El pretendido Proyecto es compatible con los ordenamientos legales y normativos a los cuales está vinculado, dando el Promovente la atención debida y el cumplimiento a todos las disposiciones vigentes en materia ambiental del orden federal, estatal y

municipal; así como, de cambio de uso del suelo, incluyendo el Programa de Rescate de especies de flora y fauna que puedan verse afectadas como consecuencia de las obras y actividades del proyecto, no obstante que las actividades se desarrollan en superficies ya perturbadas o cercanas al área.

3. Se establecerán medidas de control para evitar el deterioro con programas encaminados a un Plan de Abandono que el Promovente establecerá para minimizar riesgos y tener un factor de seguridad ambiental confiable que abarque hasta el periodo de abandono de las obras del proyecto.

4. También se desarrollará un Plan de Manejo de Residuos Mineros durante la etapa de operación, con objeto de establecer los elementos y procedimientos que se deben considerar al formular y aplicar los planes de manejo de residuos mineros, con el propósito de promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como alentar su manejo integral a través de nuevos procesos, métodos y tecnologías que sean económica, técnica y ambientalmente factibles.

5. El sitio no se vincula ni se encuentra dentro de Áreas Naturales Protegidas, Cuerpos de Agua (superficial o subterránea) que revistan un cuidado o carácter especial por motivo de las actividades que se realizarán durante el proyecto.

6. Se determinó una asociación con la Región Hidrológica Prioritaria No. 57 de “Cabecera del Río de Laja”, encontrándose inmersa la mina en esta RHP, si bien la problemática de esta RHP se asocia con la modificación del entorno debido a desforestación, cambio de uso de suelo, agricultura y ganadería; construcción de bordos que causan azolvamiento aunado a la pérdida de suelos; extracción de tierra de hoja de encino. Estos atributos se traducen en una afectación debida a núcleos con alta densidad de población o donde se manifiestan actividades comerciales y agropecuarias. La falta de criterios por parte de la CONABIO para dicha región y ante la dimensión del proyecto, es la razón de que a juicio del Promovente no se considera

una incidencia relevante en la afectación de dicha región por causa de las obras y actividades del proyecto.

7. La parte occidental del SAR y del sitio del proyecto, se ubican en la zona limítrofe sureste de la Región Terrestre Prioritaria RTP No. 99 “Sierras de Santa Bárbara y Santa Rosa” y la vinculación existente es meramente territorial ya que las características de la Región, su problemática y esquemas para la conservación, se diferencian del SAR y del sitio del proyecto.

8. El Gobierno del Estado valora la importancia estratégica y económica que representan los polos mineros, apoyando los esfuerzos e inversiones que han realizado grupos mineros nacionales y extranjeros.

Del análisis realizado con respecto de los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental, es posible inferir a juicio del Promovente que el proyecto es permisible y factible de realizar, al no existir restricciones con respecto a las regulaciones sobre el uso del suelo y no presentarse afectaciones que pongan en riesgo o modifiquen de manera notoria el sistema ambiental del lugar, donde en paralelo se han venido desarrollando operaciones mineras tanto en apocas que se remontan al siglo XVll, como desde la década de los años 80 del siglo pasado y principios del presente.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.

CONTENIDO

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 1
4.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto 1
4.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional 5
4.2.1. Medio Abiótico 5
4.2.1.1. Clima 5
4.2.1.1.1. Temperatura 7
4.2.1.1.2. Precipitación 8
4.2.1.1.3. Periodo de Sequía (Diagrama Ombrotérmico) 10
4.2.1.1.4. Vientos dominantes 11
4.2.1.1.5. Calidad del aire 12
4.2.1.2. Fenómenos climatológicos 14
4.2.1.2.1. Heladas 14
4.2.1.2.2. Ciclones (Huracanes) 15
4.2.1.2.3. Granizo 16
4.2.1.2.4. Sequía 17
4.2.1.2.5. Inundaciones 18
4.2.2. Geología y geomorfología 19
4.2.2.1. Fisiografía 22
4.2.2.2. Características geomorfológicas 23
4.2.2.3. Características del relieve 24
4.2.2.4. Susceptibilidad de la zona de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos 25
4.2.2.5. Regionalización sísmica 27
4.2.3. Suelos 29
4.2.3.1. Tipos de suelo 29
4.2.4. Hidrología Superficial 33

4.2.4.1. Hidrología Subterránea 36
4.2.5. Medio biótico 38
4.2.5.1. Vegetación terrestre 38
4.2.5.1.1. Tipos de vegetación del área del Proyecto 42
4.2.5.1.2. Riqueza y Diversidad 47
4.2.5.1.3. Resultados 48
4.2.5.2. Composición de las comunidades de fauna presentes en el Área del Proyecto y el SAR 63
4.2.5.2.1. Anfibios y Reptiles. 65
4.2.5.2.2. Aves. 66
4.2.5.2.3. Análisis Estadístico. 67
4.2.5.2.4. Conclusiones Generales. 76
4.2.6. Medio socioeconómico 77
4.2.6.1. Demografía 79
4.2.6.2. Movimientos migratorios 83
4.2.6.3. Factores socioculturales 84
4.2.6.4. Grupos étnicos 85
4.2.6.5. Ruinas arqueológicas 85
4.2.6.6. Vivienda 85
4.2.6.7. Tipos de vivienda 86
4.2.6.8. Servicios 87
4.2.6.9. Servicios públicos 87
4.2.6.10. Salud 88
4.2.6.11. Religión 89
4.2.6.12. Educación 89
4.2.6.13. Marginación y pobreza 90
4.2.7. Paisaje 92
4.2.7.1. Calidad paisajística. 93
4.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto 97
4.3.1. Captura de carbono y componentes naturales 128

4.3.1.1. Captura de carbono en el SAR 128
4.3.1.2. Captura de carbono en el CUSTF 130
4.4. Diagnóstico ambiental 164

ÍNDICE DE FIGURAS

Tabla IV. 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio. 7
Tabla IV. 2. Temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas 8
Tabla IV. 3. Precipitación normal, máxima mensual y máxima diaria 9
Tabla IV. 4. Datos de Temperatura y Precipitación media mensual 10
Tabla IV. 5. Distribución de la Frecuencia de vientos dominantes, para la Estación Pericos en San Antón 12
Tabla IV. 6. Puntos para muestreo de aire. 13
Tabla IV. 7. Comparativo de resultados con la NOM. 13
Tabla IV. 8. Superficies que ocupan cada una de las unidades geológicas 20
Tabla IV. 9. Escala Modificada de Mercalli. 28
Tabla IV. 10. Unidades de suelos presentes en el SAR. 30
Tabla IV. 11. Condición del acuífero presente en la región del proyecto (CONAGUA, 2015). 37
Tabla IV. 12. Uso de Suelo y Vegetación dentro del SAR y AP 39
Tabla IV. 13. Sitios de Muestreo Área del Proyecto 44
Tabla IV. 14. Sitios de muestreo en el SAR 44
Tabla IV. 15. Listado Florístico observado 48
Tabla IV. 16. Índice de IVI para Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino 50
Tabla IV. 17. Índice de IVI de Vegetación secundaria arbustiva de Pastizal Natural 52
Tabla IV. 18. Índice de IVI para Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino 54
Tabla IV. 19. Índice de IVI de Vegetación secundaria arbustiva de Pastizal Natural 55
Tabla IV. 20. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/BQ en CUSTF 58
Tabla IV. 21. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/PN en CUSTF 59
Tabla IV. 22. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/BQ en el SAR 60

Tabla IV. 23. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/PN en el SAR 60
Tabla IV. 24. Resumen diversidad áreas de cambio y uso de suelo y Sistema Ambiental Regional. 61
Tabla IV. 25. Ubicación Espacial de las Cámaras Trampa utilizadas en el estudio. 66
Tabla IV. 26. Transectos utilizados para el monitoreo de Fauna presente en el área de estudio. 67
Tabla IV. 27. Riqueza obtenida en los trabajos de Campo para el área de estudio. 70
Tabla IV. 28. Listado general de especies registradas durante los trabajos de campo. 70
Tabla IV. 29. Especies registradas, incluidas dentro de alguna categoría de riesgo 71
Tabla IV. 30. Abundancia registrada para cada especie dentro del CUSTF y SAR. 72
Tabla IV. 31. Concentrado de Diversidad obtenido por grupo faunístico y de manera general durante el estudio de campo. 75
Tabla IV. 32. Tabla Cálculos de Densidad por Hectárea (Ha), para las especies dentro del área de estudio. 75
Tabla IV. 33. Ubicación de las localidades respecto del sitio del proyecto en un radio de 20 km a la redonda. 77
Tabla IV. 34. Distribución poblacional en las localidades cercanas al proyecto. (Fuente: INEGI, Censo 2010 79
Tabla IV. 35. Población por sexo en el Área de Influencia del Proyecto 80
Tabla IV. 36. Crecimiento de la población entre 1990 y 2010. Población Económicamente Activa (PEA) 81
Tabla IV. 37. Población económicamente activa y Población ocupada. 82
Tabla IV. 38. Fuentes de empleo en Dolores Hidalgo. 83
Tabla IV. 39. Población emigrante del municipio 84
Tabla IV. 40. Situación de la vivienda en las localidades cercanas al proyecto. 86
Tabla IV. 41. Total, de comunidades que guarda vínculo con el proyecto 86
Tabla IV. 42. Viviendas por estatus de servicios y número de habitantes. 87
Tabla IV. 43. Servicios Públicos en Dolores Hidalgo. 88
Tabla IV. 44. Población con derechos de salud. 88
Tabla IV. 45. Alfabetismo 90

Tabla IV. 46. Evaluación de los componentes paisajísticos, su valoración y la puntuación para el sitio del proyecto. 94
Tabla IV. 47. Escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual. 95
Tabla IV. 48. Factores de paisaje considerados para la evaluación del CAV. 95
Tabla IV. 49. Escala de referencia CAV. 96
Tabla IV. 50. Valores del nivel de riesgo en los diferentes servicios ambientales 98
Tabla IV. 51. Servicios Ambientales 98
Tabla IV. 52. Tipos de vegetación y/o usos de suelo en el SAR 101
Tabla IV. 53. Grupos de suelos de acuerdo con sus características 103
Tabla IV. 54. Clases de cobertura vegetal. 103
Tabla IV. 55. Vegetación y condición Hidrológica. 104
Tabla IV. 56. Curva numérica para cada uso de suelo y vegetación. 104
Tabla IV. 57. Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación en el SAR. 106
Tabla IV. 58. Escurrimiento superficial por tipo de vegetación presentes en la Microcuenca. 107
Tabla IV. 59. Valores Kfc, kp y kv en función de la textura, pendiente y tipo de vegetación. 108
Tabla IV. 60. Valores de k por tipo de vegetación presentes en el SAR. 109
Tabla IV. 61. Infiltración por tipo de vegetación presente en la Microcuenca. 109
Tabla IV. 62. Valores de Ka (factor de corrección), de acuerdo con la latitud y el mes del año. 110
Tabla IV. 63. Índice de calor mensual para cada uno de los meses. 111
Tabla IV. 64. Evapotranspiración potencial mensual y anual presentes en la Microcuenca. 112
Tabla IV. 65. Porcentaje de horas luz de los meses con respecto al año, de acuerdo con la latitud. 114
Tabla IV. 66. Valores de ETR mensuales. 114
Tabla IV. 67. Evapotranspiración real en el SAR. 115
Tabla IV. 68. Volumen de agua retenida en el SAR. 116

Tabla IV. 69. Recarga subterránea en el SAR. 116
Tabla IV. 70. balance hídrico actual del SAR. 116
Tabla IV. 71. Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación en el CUSTF. 121
Tabla IV. 72. Escurrimiento superficial por tipo de vegetación presentes en CUSTF. 121
Tabla IV. 73. Valores de k por tipo de vegetación presentes en el CUSTF..... 123
Tabla IV. 74. Infiltración por tipo de vegetación presente en CUSTF..... 123
Tabla IV. 75. Valores de ETR mensuales. 126
Tabla IV. 76. Evapotranspiración real en el CUSTF..... 127
Tabla IV. 77. Volumen de agua retenida en el CUSTF. 127
Tabla IV. 78. Recarga subterránea en el CUSTF..... 128
Tabla IV. 79. Balance hídrico actual del sitio sujeto a CUSTF. 128
Tabla IV. 80. Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México 129
Tabla IV. 81. Carbono almacenado en diferentes tipos de cultivo 129
Tabla IV. 82. Estimación de captura de carbono por uso de suelo y vegetación en el SAR..... 130
Tabla IV. 83. Calculo de captura de carbono actual del área sujeta a CUSTF 130
Tabla IV. 84. Cálculo de captura de carbono al ejecutar las medidas de compensación en el CUSTF 131
Tabla IV. 85. Potencial de captura de carbono en los tres escenarios del área sujeta a CUSTF 131
Tabla IV. 86. Cálculo del potencial de generación de Oxígeno en el SAR..... 136
Tabla IV. 87. Generación actual de O2 en el área sujeta a CUSTF..... 137
Tabla IV. 88. Generación de O_2 al ejecutar el CUSTF con medidas de mitigación..... 137
Tabla IV. 89. Potencial de generación de oxígeno en los tres escenarios del área sujeta a CUSTF 137
Tabla IV. 90. Datos de precipitación de las normales climatológicas de las estaciones cercanas al SAR. 143
Tabla IV. 91. Factor R para cada una de las estaciones meteorológicas cercanas al SAR..... 144

Tabla IV. 92. Porcentajes de contenido de limo, arena, arcilla y materia orgánica del suelo presente en el SAR y CUSTF. 146
Tabla IV. 93. Valor de K en el SAR y CUSTF. 147
Tabla IV. 94. Valores de los factores L, S y LS para el SAR. 153
Tabla IV. 95. valores de C para cada tipo de uso de suelo presente en el SAR y CUST. 154
Tabla IV. 96. Erosión hídrica del sitio sujeto a SAR 157
Tabla IV. 97.Erosión hídrica del sitio sujeto a CUSTF 158
Tabla IV. 98. Clasificación de erosión 158
Tabla IV. 99. Índice de agresividad del viento. 160
Tabla IV. 100. Erosión eólica del sitio sujeto a SAR 163
Tabla IV. 101.Erosión eólica del sitio sujeto a CUSTF 163
Tabla IV. 102. Diagnóstico ambiental 164

ÍNDICE DE TABLAS

Figura IV. 1. Delimitación el Sistema Ambiental Regional (SAR) 3
Figura IV. 2. Unidades Climáticas del SAR 6
Figura IV. 3. Estaciones Meteorológicas dentro del área de estudio 7
Figura IV. 4. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas 8
Figura IV. 5. Comportamiento de la precipitación registrada en las normales climatológicas 9
Figura IV. 6. Isoyetas e Isotermas en el área de estudio 10
Figura IV. 7. Diagrama Ombrotérmico 11
Figura IV. 8. Riesgo por heladas 15
Figura IV. 9. Riesgo por ciclones 16
Figura IV. 10. Riesgo por granizo 17
Figura IV. 11. Riesgo por sequía 18
Figura IV. 12. Riesgo por inundación 19
Figura IV. 13. Geología y Litología del área de estudio 20
Figura IV. 14. Provincias y subprovincias presentes en el área de estudio 23
Figura IV. 15. Sistema de topoformas, fallas y fracturas presentes en el SAR. 24
Figura IV. 16. Gradiente altitudinal presente en el Área del Proyecto (AP) y el SAR. 25
Figura IV. 17. Regiones potenciales de hundimientos de laderas en el SAR y el Área del Proyecto. 26
Figura IV. 18. Regionalización Sísmica de México. 28
Figura IV. 19. Intensidad sísmica del Proyecto. 29
Figura IV. 20. Unidades edafológicas presentes en el SAR 33
Figura IV. 21. Hidrología superficial. 36
Figura IV. 22. Hidrología subterránea 38
Figura IV. 23. Usos de suelo y vegetación INEGI serie VI 39
Figura IV. 24. Uso de Suelo y vegetación obtenidos mediante zonificación de superficies 42
Figura IV. 25. Sitios de Muestreo 45
Figura IV. 26. Riqueza registrada por familias florísticas 50

Figura IV. 27. Diversidad obtenida por zona de muestreo 62
Figura IV. 28. Diagrama de un transecto en franja. El largo (L) y ancho (2w) son establecidos desde el inicio del muestreo. Los “o” representan los animales que no se deben contar; los “*” son los animales que se deben contar. 64
Figura IV. 29. Riqueza obtenida durante los trabajos en Campo 72
Figura IV. 30. Concentrado de Abundancia general obtenida dentro del CUSTF y SAR, durante los trabajos en campo. 74
Figura IV. 31. Elementos Urbanos 78
Figura IV. 32. Unidades de paisaje del proyecto 93
Figura IV. 33. Raster del FACTOR R en el SAR. 145
Figura IV. 34. Raster del FACTOR K en el SAR. 147
Figura IV. 35. Raster de Pendientes en el SAR o valor de β 149
Figura IV. 36. Acumulación del flujo en el SAR. 150
Figura IV. 37. Valor de F calculado en ArcGis. 150
Figura IV. 38. Valor de m calculado en ArcGis. 151
Figura IV. 39. Raster del FACTOR L en el SAR. 151
Figura IV. 40.Raster del FACTOR S en el SAR. 152
Figura IV. 41. Raster del FACTOR LS en el SAR. 153
Figura IV. 42. Raster del FACTOR C en el SAR. 155
Figura IV. 43. Raster de la Erosión hídrica potencial en el SAR, sin factor C. 156
Figura IV. 44.Raster de la Erosión hídrica real en el SAR, con factor C. 157
Figura IV. 45.Raster del FACTOR C1 en el SAR. 161
Figura IV. 46. Raster de la Erosión eólica real en el SAR, con factor C. 162
Figura IV. 47. Raster de la Erosión eólica potencial en el SAR, sin factor C. 162

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

Este Capítulo de la MIA-R, tiene el objetivo de describir y analizar en forma integral el Sistema Ambiental Regional (SAR) que constituye el entorno del proyecto. Por lo que se delimitará el área de estudio tomando una serie de criterios técnicos, normativos y de planeación. Posteriormente, se caracteriza y analiza el Sistema Ambiental Regional, considerando: la biodiversidad, distribución y amplitud de los componentes del paisaje, y la composición de los ecosistemas (Unidades climáticas, patrones hidrológicos, Vegetación según sea el caso) que por su fragilidad, vulnerabilidad e importancia en su estructura pudieran verse afectados en el momento de ejecutar el proyecto.

4.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde pretende establecerse el Proyecto de **“CERRO DEL GALLO”**, se llevó a cabo previo al inicio de los trabajos que comprenden la preparación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental. Para ello se tomaron en cuenta diversos criterios particulares por las características propias de la región y del proyecto pretendido. Así mismo se consideró, la interacción que, directa o indirectamente, se dará entre las obras, las actividades propuestas y los elementos naturales insertos en el Sistema Ambiental Regional (SAR), poniendo especial atención en el área de influencia de los impactos ambientales directos o indirectos, para asegurar que, en la delimitación del SAR, se cuente con un espacio geográfico finito, donde la interacción entre los elementos naturales tienda a la homogeneidad, cuya dimensión en espacio sea lo suficientemente amplia, a fin de que el alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto, queden insertos dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Para el caso del **Proyecto de “CERRO DEL GALLO”**, la delimitación del SAR se realizó considerando los siguientes criterios:

- El SAR considera los principales elementos bióticos y abióticos que pudieran llegar a tener alguna relación con el Proyecto, por lo que permite una comprensión de las relaciones e interacciones entre el Proyecto y los elementos ambientales del entorno.

- Los elementos ambientales considerados para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) pueden ser considerados como indicadores, por ejemplo, agua, suelo y biota, y constituyen la base para el mantenimiento de procesos biológicos, físicos y químicos de la naturaleza.

- Las características de los elementos ambientales dentro del SAR, son homogéneas o sostiene una relación/influencia cercana.

Las 6 Microcuencas seleccionadas incluyeron aquellas que cumplieran los siguientes criterios:

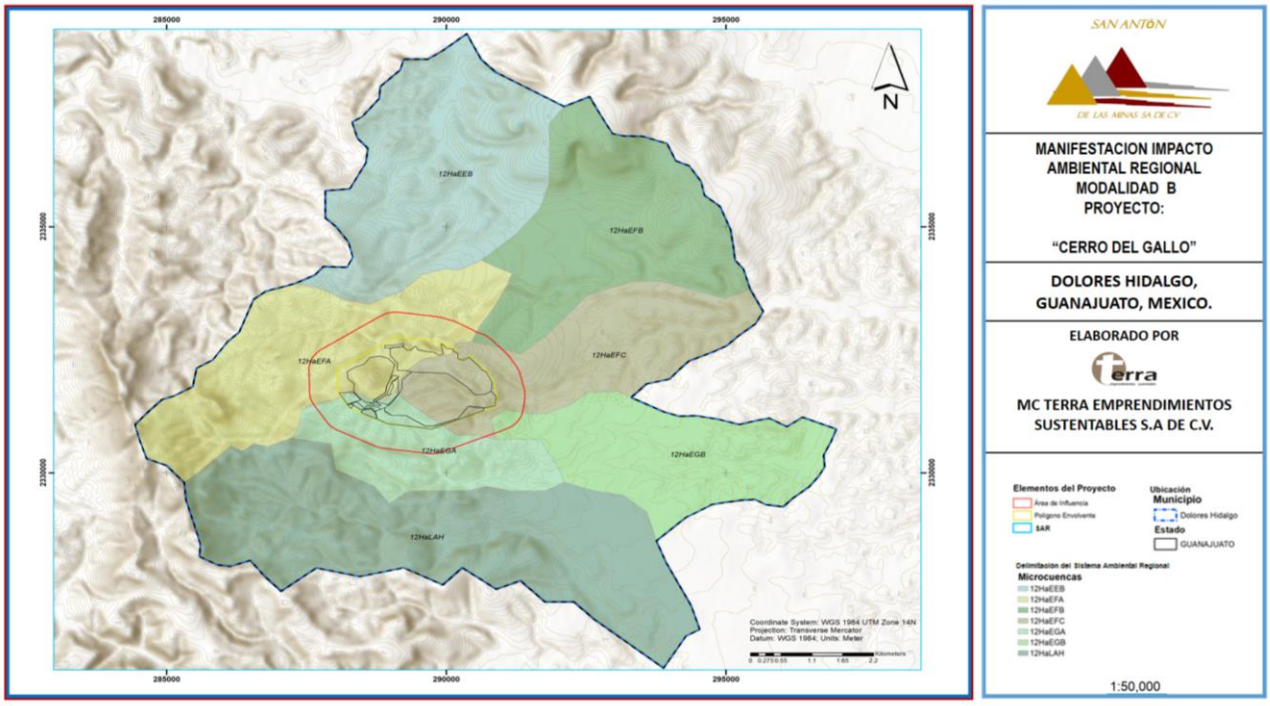
a) Influencia directa para el Proyecto (aquellas que se interceptan)

b) Que cubrieran los predios, parcelas o terrenos cercanos al Proyecto y sujetos a las mismas presiones actuales

c) Dentro de la zona de influencia local presentan características similares en cuestión de pendiente, uso de suelo, vegetación, fauna, etc.

Las microcuencas representan a las subunidades de captura y contribución hidrológica dentro de una subcuenca. Las microcuencas están relacionadas directamente con la geomorfología, ya que la topografía de la zona delimita los bordes de la cuenca y a su vez los escurrimientos que forman el ciclo hidrológico local y regional.

Figura IV. 1. Delimitación el Sistema Ambiental Regional (SAR)



El clima y la geomorfología de las microcuencas, así como su interacción con la geología permiten la creación de suelos, los cuales favorecen las condiciones propicias para el desarrollo de las comunidades vegetales que funcionan como sustento y delimitan la distribución y desplazamiento local de la fauna. De esta forma las características del medio físico y biótico son directamente relativas a las microcuencas.

De esta manera, el Sistema Ambiental Regional (SAR) envuelve a la totalidad de las obras y actividades que integran al Proyecto e incluyen un área de amortiguamiento de los impactos a los componentes ambientales del sitio; todo ello dentro de un sistema que supone una relativa homogeneidad en sus características bióticas y abióticas.

La delimitación del Área de Influencia se generó con la finalidad de que los elementos abióticos y bióticos que pudieran tener algún tipo de interacción con alguna de las obras y actividades de la **"CERRO DEL GALLO"**, pudieran ser analizados y así evaluar el

grado de afectación positiva o negativa del Proyecto sobre esta unidad espacial, por tanto, el área de influencia será el área geográfica en relación a la cual se van a estimar los impactos ambientales.

Para la delimitación del Área de Influencia se tomaron como base las características de las obras y actividades que se desarrollarán en el Proyecto considerándose además lo siguiente:

a) Límites del Proyecto: escalas de tiempo y espacio sobre las que el Proyecto se extenderá

b) El alcance de todos los impactos potenciales del Proyecto (emisiones de ruido, polvos, pérdida de la cobertura vegetal por desmontes, electrocución de aves, alteraciones en la distribución espacial y temporal de la fauna, modificaciones a la topografía, entre otros).

c) Áreas sensibles

d) Riqueza y distribución de la fauna

En resumen, las superficies de cada área se incluyen a continuación:

Sistema Ambiental Regional (SAR)……. 8,481.83 ha.
Área de influencia (AI)…… ……1,086.77 ha.
Envolvente Proyecto ...…….. 385.26 ha.
Superficie sujeta a cambio y uso de suelo…… ……. 168.02 ha.

4.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

4.2.1. Medio Abiótico

4.2.1.1. Clima

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un área de la superficie terrestre, o también, es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región.

Entre los componentes del clima destacan la temperatura, presión atmosférica, humedad, viento y precipitación; por su parte, los factores que lo modifican son la latitud, altitud, el relieve, e incluso las corrientes oceánicas.

Las variables ambientales hacen muy complejo establecer una clasificación de los climas del mundo. México utiliza un sistema de climas basado en la clasificación de Kôppen, con las modificaciones que realizó E. García en 1964 para la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, y posteriormente para el INEGI en 1980.

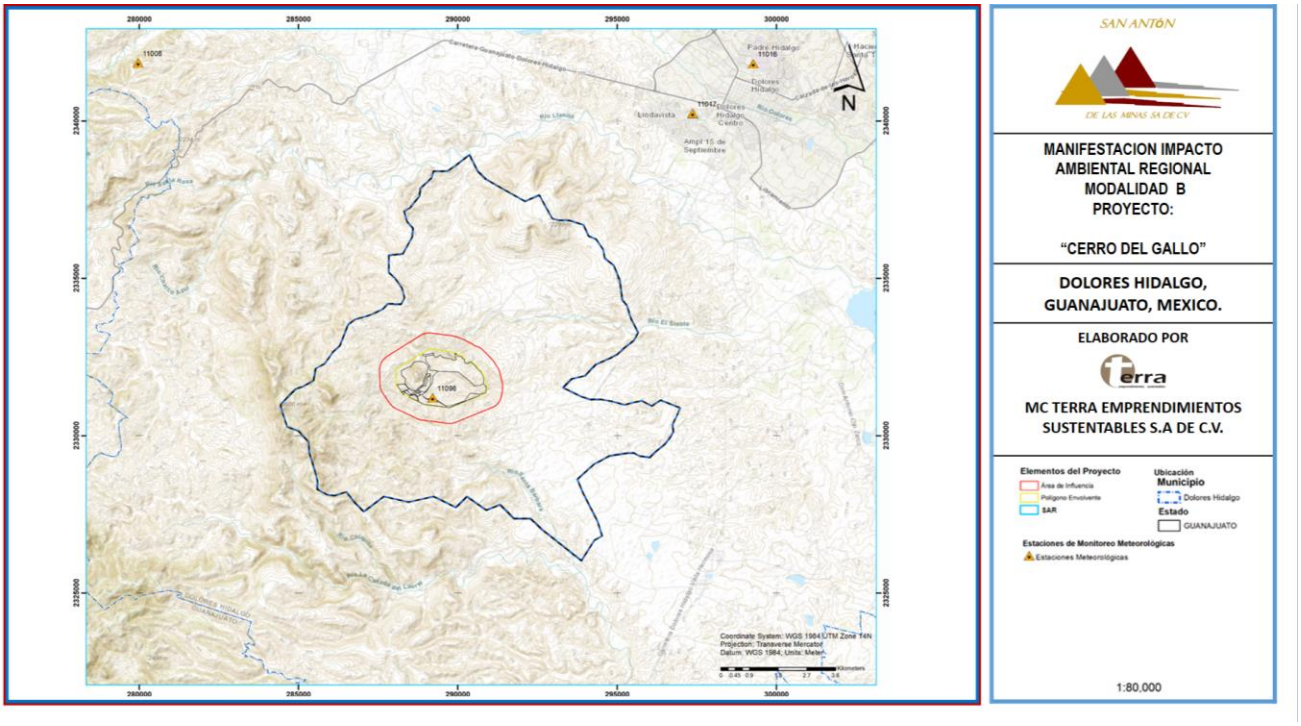
Con base en esta clasificación los climas se dividen en seis grandes grupos, basados en los niveles de temperatura y aridez. Para la clasificación se utilizan cuatro grupos o unidades: clima cálido, clima frío, clima seco y clima templado. Los subgrupos de humedad pueden ser clasificados en forma general en húmedo, subhúmedo, semiseco y seco. De acuerdo a INEGI, en el SAR delimitada para el proyecto, se identifican dos tipos de clima según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (1988) para México. Por una parte, el clima Templado subhúmedo con lluvias en verano y de baja humedad, mismo que se designa como **C(w0)** en las partes relativamente bajas al Noreste del SAR, también se identifica el clima Templado subhúmedo con lluvias en verano y de humedad intermedia, mismo que se designa como **C(w1).**

Los tipos de clima templado que se presentan dentro del municipio y SAR son los siguientes:

a) C(w0) Templado Subhúmedo: Se caracteriza por tener una temperatura media anual entre 12ºC y 18ºC, temperatura del mes más frío entre -3ºC y 18ºC y temperatura del mes más caliente bajo 22ºC, precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2% del total anual.

b) C(w1) Templado Subhúmedo: se describe de manera similar al anterior, pero se considera de humedad intermedia dentro de los templados subhúmedos, toda vez que tiene una

Figura IV. 2. Unidades Climáticas del SAR



Con el propósito de hacer un análisis más a fondo de las condiciones meteorológicas del Sistema Ambiental Regional, así como para el área del proyecto, se llevó a cabo un análisis de la información generada por dos estaciones climatológicas que se encuentran dentro del área bajo estudio, encontrándose únicamente la estación 11096 Salamanca, la información recopilada corresponde a un periodo de 59 años (1951-2010).

Figura IV. 3. Estaciones Meteorológicas dentro del área de estudio

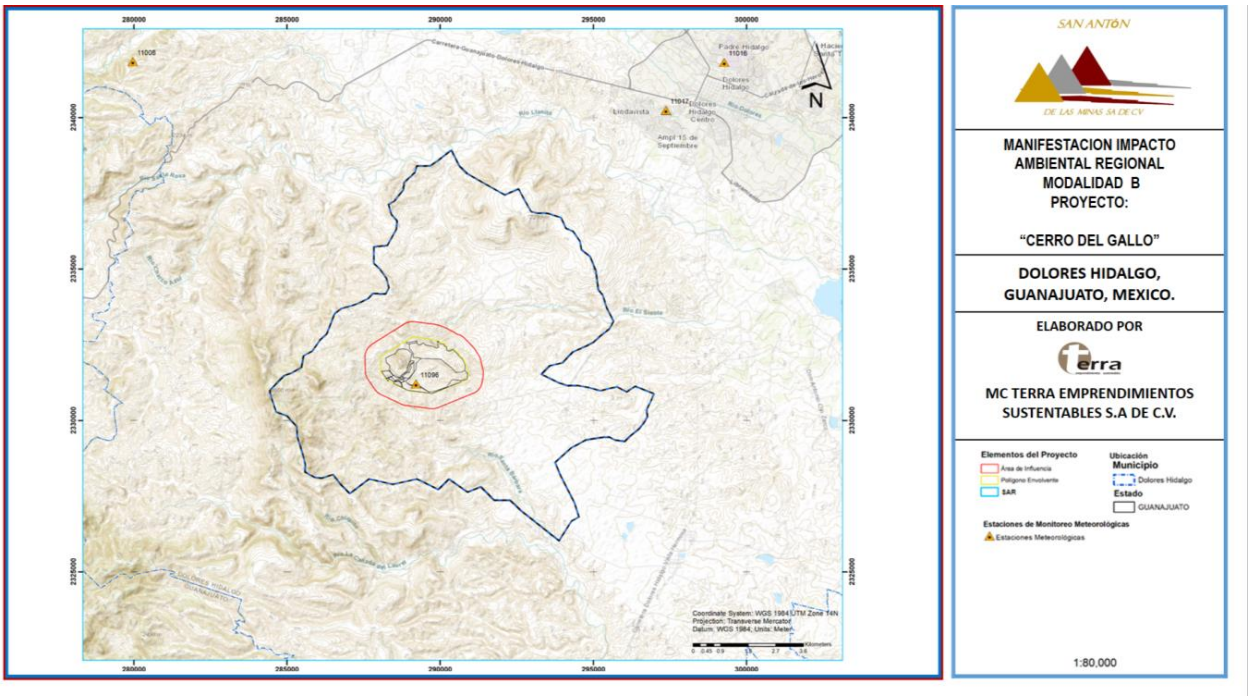


Tabla IV. 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

ESTACIÓN	NO.	MUNICIPIO Y ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (m.s.n.m.)
SALAMANCA	11096	Dolores Hidalgo, Guanajuato	21°04'11" N	101°01'44" W	2,239

Con el registro de información de las dos estaciones se prosiguió a realizar un promedio de las variables climatológicas de temperatura y precipitación, obteniéndose la siguiente información:

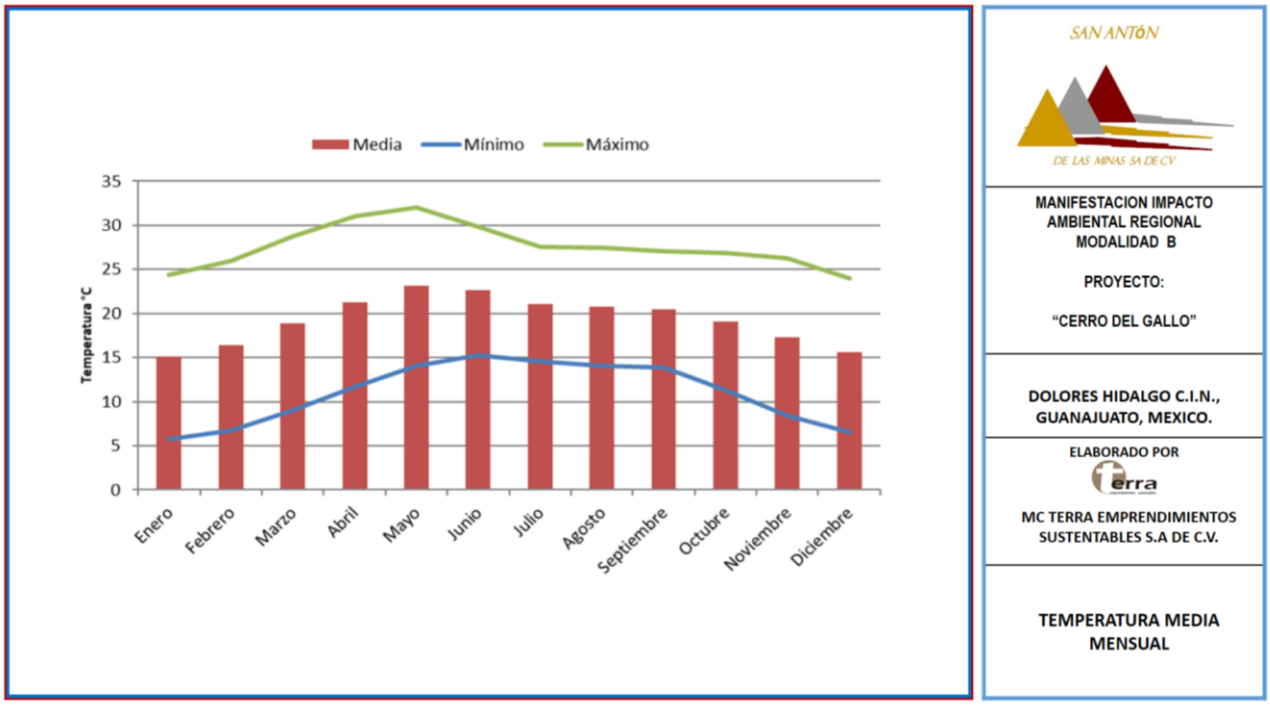
4.2.1.1.1. Temperatura

La temperatura media mensual registrada en la estación oscila entre los 19.3°C, los meses más cálidos son Abril, Mayo y Junio con una media de 22.3 ° C y los meses más fríos son diciembre, enero y febrero con una media de 15.7° C, tal como se puede observar en la figura siguiente, donde se aprecia el comportamiento de la temperatura media mensual en las estaciones meteorológicas mencionadas.

Tabla IV. 2. Temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas

Temperaturas Normales mensuales °C													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Media	15.1	16.4	18.9	21.3	23.1	22.6	21.1	20.8	20.5	19.1	17.3	15.6	19.3
Máxima	24.4	26	28.7	31	32	29.8	27.6	27.5	27.1	26.9	26.3	24	27.6
Mínima	5.7	6.7	9	11.7	14.1	15.3	14.6	14.1	13.9	11.3	8.4	6.5	10.9
Fuente: CONAGUA Registro Mensual de Temperatura Media en °C													

Figura IV. 4. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas



4.2.1.1.2. Precipitación

La precipitación del mes más lluvioso registrada en las dos estaciones acontece en Julio con una media de 175.4 mm y la precipitación del mes más seco ocurre en Marzo con una media de 4.8 mm, tal como se puede observar en la figura siguiente, donde se aprecia el comportamiento de la precipitación en las estaciones meteorológicas mencionadas.

Tabla IV. 3. Precipitación normal, máxima mensual y máxima diaria

Precipitación Normal y Máxima (mm)													
Concepto	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Anual**
Normal	12.9	7.2	4.8	11.3	28.9	128	175.4	157.3	126	45.8	9.1	6	712.7
Máxima Mensual	81.5	175	43.5	103.6	105.3	318	381.5	364.3	347.3	174.5	80	37.9	184.4
Máxima Diaria	31.7	86.5	20.5	36	72.5	88.5	94.2	69.5	81.2	60	53.5	27.5	60.1
Fuente: CONAGUA Registro Mensual de Precipitación Media en mm													

Figura IV. 5. Comportamiento de la precipitación registrada en las normales climatológicas

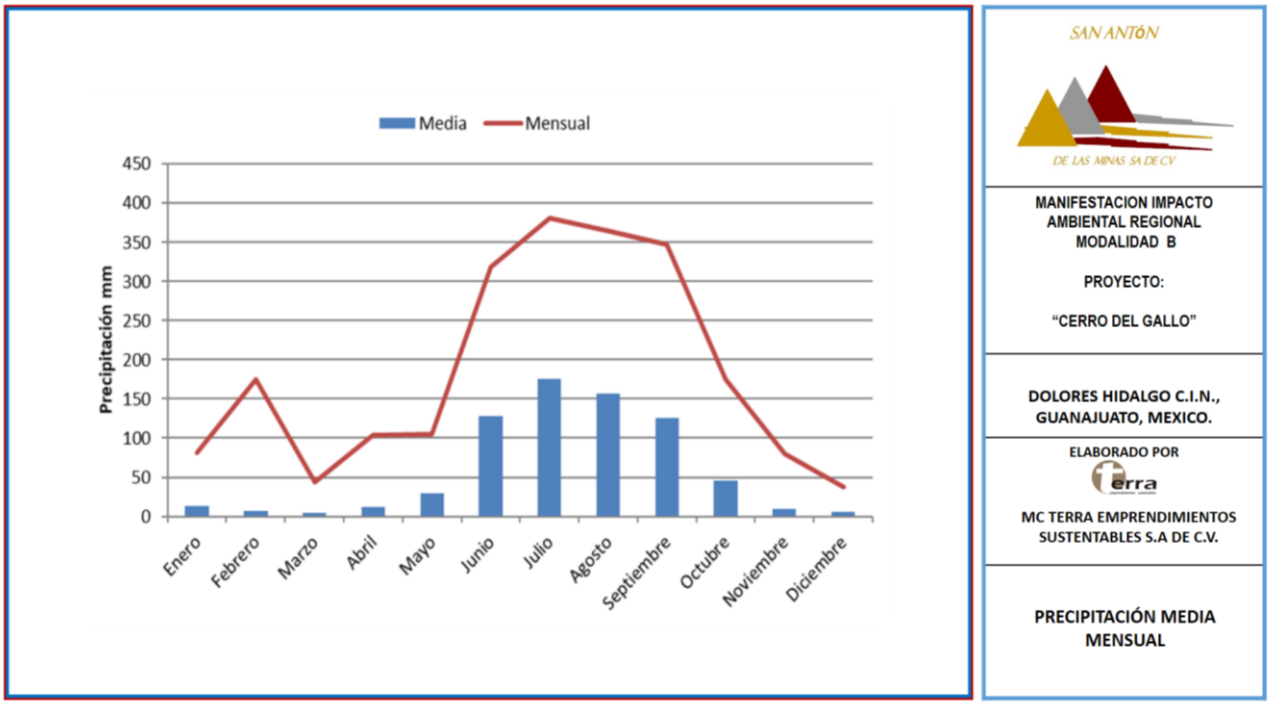
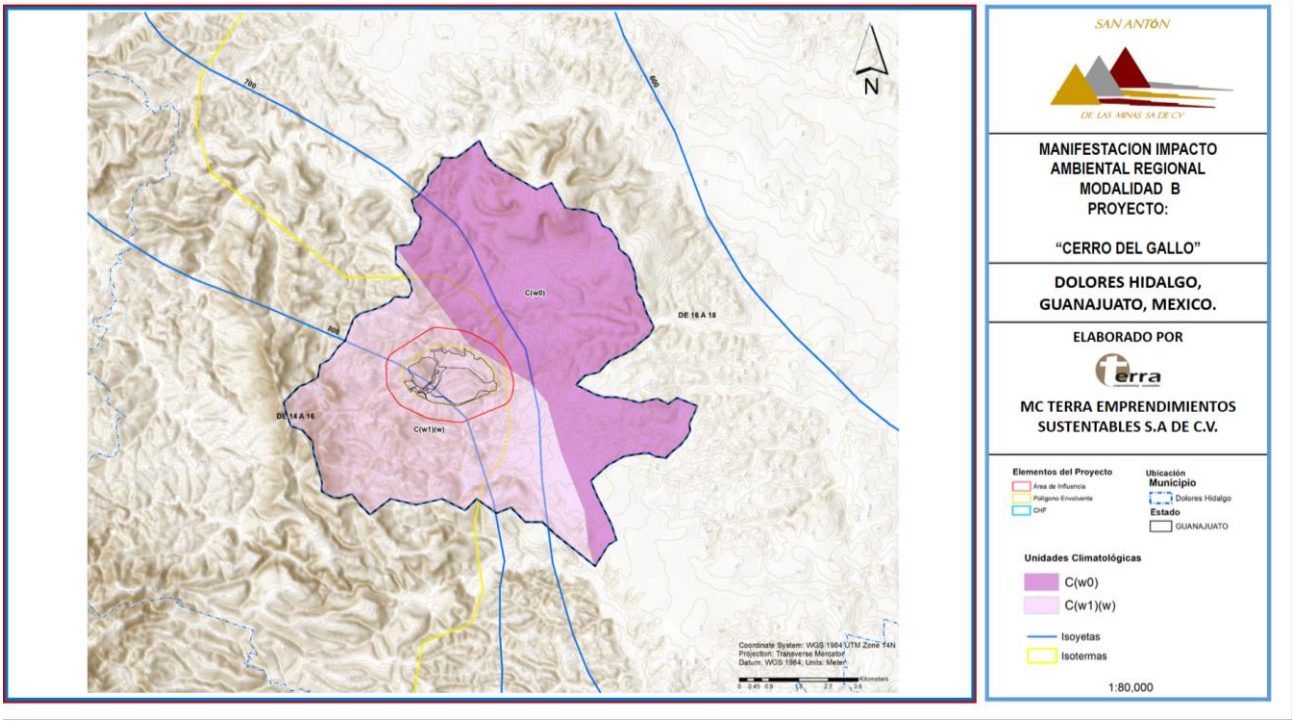


Figura IV. 6. Isoyetas e Isotermas en el área de estudio



4.2.1.1.3. Periodo de Sequía (Diagrama Ombrotérmico)

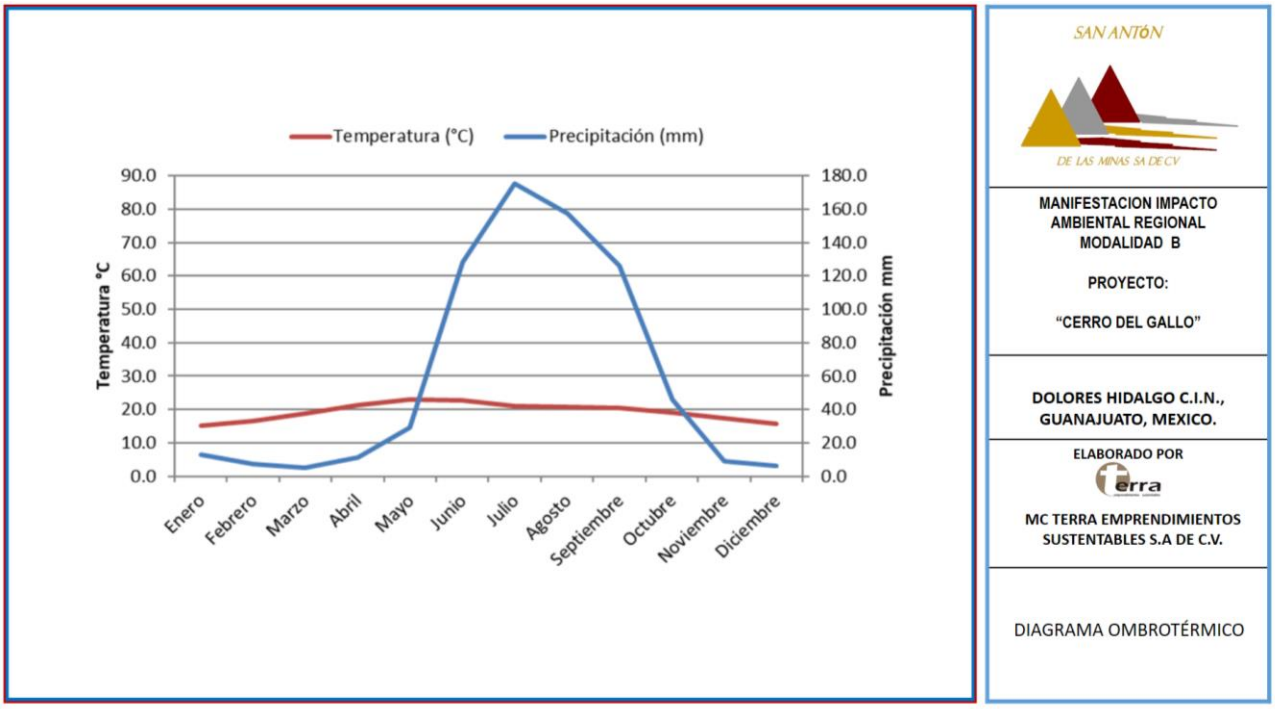
El diagrama ombrotérmico permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media, si la curva de precipitaciones está por debajo de la curva de temperatura, el área comprendida entre las dos curvas nos indicará la duración e intensidad del período de sequía.

A continuación, se presenta dicho diagrama dentro del área de estudio para el período comprendido del 1951-2010.

Tabla IV. 4. Datos de Temperatura y Precipitación media mensual

	Ene	Feb	Mar	Abri	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	12.9	7.2	4.8	11.3	28.9	128.0	175.4	157.3	126.0	45.8	9.1	6.0
Temperatura (°C)	15.1	16.4	18.9	21.3	23.1	22.6	21.1	20.8	20.5	19.1	17.3	15.6

Figura IV. 7. Diagrama Ombrotérmico



4.2.1.1.4. Vientos dominantes

Los datos de viento recuperados pertenecen a la Estación Meteorológica Los Pericos, ubicada en San Antón de las Minas, con datos procesados durante un periodo de 2007 al 2012. Periodo en el cual se presentan calmas del 41.04% y velocidad promedio del viento de 3.84 m/s.

En el cuadro siguiente, se presentan los datos de dirección de viento agrupados por frecuencias que van desde 0.5 a 11.1 m/s, siendo para la zona del proyecto los vientos dominantes aquellos que provienen del Noreste, estos son los más frecuentes y de mayor intensidad mientras que en la figura que prosigue se presentan los mismos valores de forma gráfica.

Tabla IV. 5. Distribución de la Frecuencia de vientos dominantes, para la Estación Pericos en San Antón.

Dirección/clase (m/s)	0.5 - 2.1	2.1 - 3.6	3.6 - 5.7	5.7 - 8.8	8.8 - 11.1	>=11.1
348.75-11.25	0.00179	0.00042	0.00032	0.00032	0	0.00095
11.25-33.75	0.0154	0.0076	0.00749	0.00791	0.00285	0.00475
33.75-56.25	0.01509	0.01234	0.01952	0.03492	0.02684	0.0633
56.25-78.75	0.0077	0.00612	0.00812	0.01382	0.0115	0.03376
78.75-101.25	0.00971	0.0038	0.00411	0.0338	0.00148	0.00169
101.25-123.75	0.01066	0.00644	0.00433	0.00253	0.00084	0.00116
123.75-146.25	0.00971	0.00327	0.00222	0.00084	0.00021	0.00011
146.25-168.75	0.00992	0.00443	0.00179	0.00032	0.00021	0
168.75-191.25	0.02068	0.0095	0.00707	0.00274	0.00106	0.00084
191.25-213.75	0.02374	0.01287	0.01108	0.00918	0.00538	0.00812
213.75-236.25	0.0115	0.0076	0.00812	0.00791	0.00433	0.01013
236.25-258.75	0.00485	0.00496	0.00411	0.00306	0.0019	0.00222
258.75-281.25	0.00359	0.00253	0.00232	0.00074	0.00084	0.00042
281.25-303.75	0.00285	0.00169	0.00063	0.00063	0	0.00011
303.75-326.25	0.00074	0.00063	0.00021	0.00021	0.00011	0.00021
326.25-348.75	0.00137	0.00032	0.00032	0.00042	0.00011	0
Sub-Total	0.14928	0.0845	0.08176	0.08893	0.05728	0.12776

4.2.1.1.5. Calidad del aire

Las mediciones para Partículas Suspendidas Totales (PST), se desarrollaron en cuatro puntos distintos en el área de influencia que comprende el futuro proyecto; en un predio a explotar conocido como “Cerro del Gallo” en la localidad de San Antón de las Minas, Municipio de Dolores Hidalgo CIN, Guanajuato, con el fin de conocer las concentraciones actuales de PST en la fase cero de dicho Proyecto. Tanto el tráfico vehicular y las tierras de cultivo; así como, la erosión del viento, contribuyen al levantamiento de partículas en los caminos y cercanías al proyecto; cabe mencionar que en las inmediaciones al poblado de San Antón, hacia el Sureste 3.37 km, se encuentra otro Poblado Conocido como Santa Bárbara, donde se desarrollan actividades de extracción de materiales Pétreos (arcillas) efectuadas por la empresa Vitromex, quien contribuye durante su operación al levantamiento de Partículas contando con alrededor de 30 camiones de carga al día. Las partículas del medio ambiente, específicamente el polvo, se considera dentro del grupo de sustancias nocivas para el hombre ya que pueden contaminar el aire que respiramos, por sus características específicas y la forma de penetración, deposición y acción biológica en el tracto respiratorio.

En este caso para la vigilancia de la calidad del aire, se evaluó este parámetro (PST), mediante muestreo directo en cuatro puntos distintos, que de alguna manera el radio de

influencia del Proyecto podría llegar a detectarse la presencia de alguna emisión de polvo, por el futuro uso de maquinaria pesada. Las mediciones se llevaron a cabo, mediante la colocación de un equipo muestreador de PST Microvol 1100, de tal forma que, conforme a la NOM-035-SEMARNAT-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición se realizó la medición y se determinaron los niveles de concentración de partículas, para posteriormente comparar los resultados con los límites máximos permisibles en el medio ambiente contenidos en la entonces NOM-025-SSA1-1993 para el parámetro de PST promedio diario, hoy NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de Partículas Sólidas Suspendidas (PST).

Tabla IV. 6. Puntos para muestreo de aire.

Punto de Muestreo	Descripción del punto	Coordenadas		Características del terreno
		X	Y	
1	Escuela Benito Juárez	287,083	2,331,578	Poblado de San Antón de las Minas, escuela primaria, Paso de vehículos, caminos de terracería y tierras de cultivo
2	Sisote	289,800	2,333,046	Caminos de terracería, tierras de cultivo, trafico ligero y pesado
3	El Refugio	289,188	2,331,208	Caminos de terracería, tierras de cultivo
4	Silleros	291,211	2,331,352	Población, tierras de cultivo, caminos de terracería, trafico ligero y pesado

Los resultados que se presentan en el siguiente cuadro, representan la calidad del aire actual del Poblado de San Antón de las Minas y de los Caseríos que se ubican en diferentes direcciones al Proyecto Cerro del Gallo. Los resultados representan las concentraciones de PST en tiempo real en un día normal sin lluvia (en temporada húmeda), estos resultados demuestran las concentraciones que se tienen en un radio aproximado de 4 km del punto de muestreo.

Tabla IV. 7. Comparativo de resultados con la NOM.

Punto de muestreo	Fecha de inicio	Concentración final ($\mu g/m^3$)	LMP en 24 h (NOM-025-SSA1-1993)	Cumplimiento con la norma
Esc. Primaria B. Juárez	06/08/2012	26.1	210	Dentro de normatividad
Sisote	07/08/2012	0	210	Dentro de normatividad
Refugio	08/08/2012	0	210	Dentro de normatividad
Silleros	09/08/2012	104.6	210	Dentro de normatividad

Se aprecia que los puntos de muestreo “Sisote y Refugio” no detectaron partículas suspendidas, resultados por debajo del límite máximo permisible que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 en promedio de 24 h; para los puntos de muestreo Escuela B. Juárez y Silleros los resultados de concentración de partículas resultaron un poco más elevados, aunque también por debajo del límite máximo permisible, con 26.14 µ/m3 para el Punto “Escuela Benito Juárez” y finalmente se obtuvo para el Punto Silleros una concentración promedio diaria de 104.55 µ/m3, donde se rebasan los límites permisibles que estable la Norma, ya que para partículas menores a 10 micrómetros PM10, el límite de 24 horas será de 75 µg/m3, como promedio de 24 horas, resultando para dicha estación un valor de 104.6 µ/m3.

Los principales gases de efecto invernadero que se emiten dentro del Sistema Ambiental Regional, son el metano (CH4) y el óxido nitroso; el primero derivado fundamentalmente de la fermentación entérica, la quema de biomasa y los desechos animales y el segundo está relacionado con el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes nitrogenados.

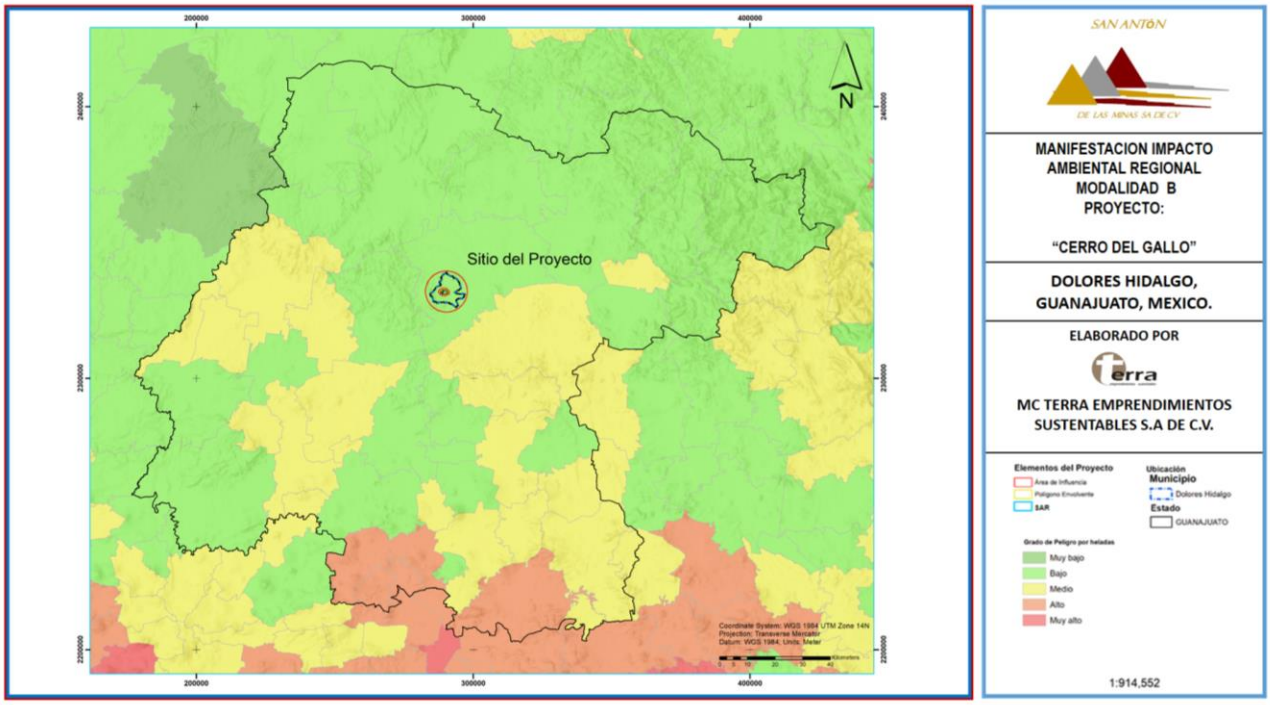
En cuanto al CO_2, aunque ninguna de las actividades que se realiza dentro del SAR se considera como fuente significativa, se estima que sus emisiones son relativamente altas al encontrarse los ecosistemas visiblemente impactados por deforestación, erosión y actividades agrícolas.

4.2.1.2. Fenómenos climatológicos

4.2.1.2.1. Heladas

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno es < 0°C, durante un tiempo mayor a cuatro horas. El área del proyecto se clasifica conforme al Atlas Nacional de Riesgos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) como una zona con riesgo bajo por ocurrencia de heladas. De igual manera, el SAR existe un riesgo bajo para que se presente este fenómeno.

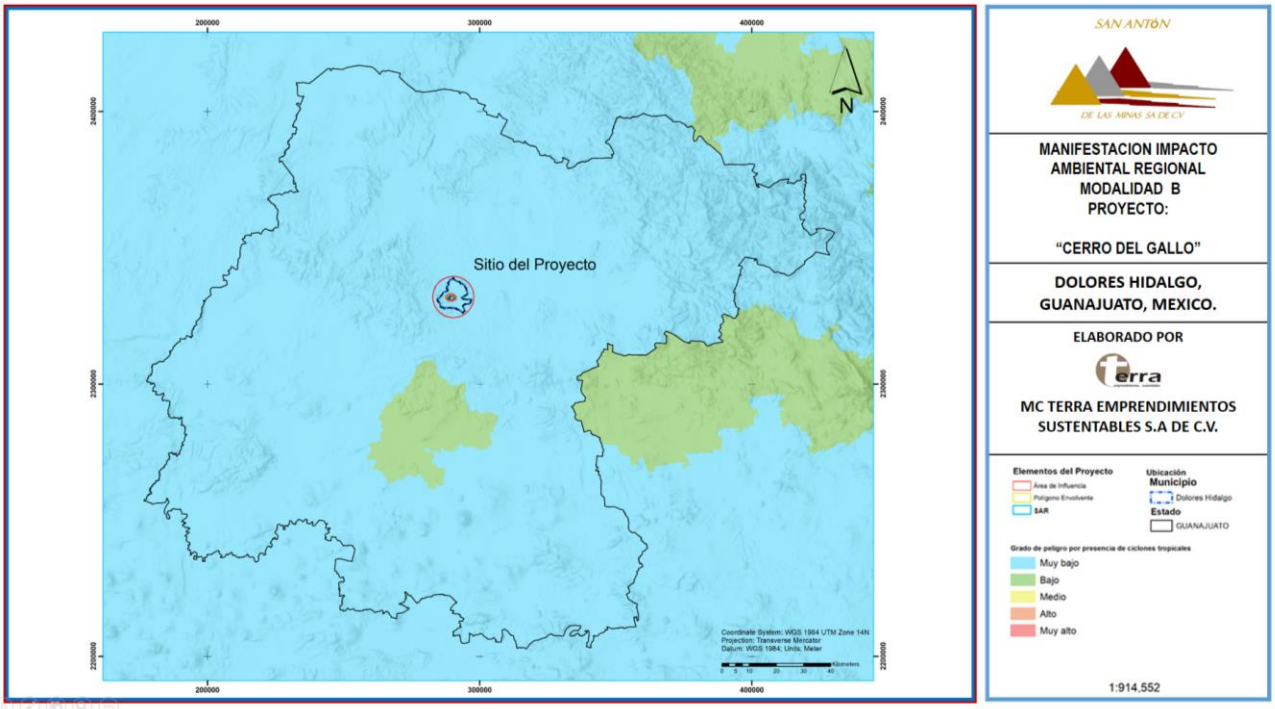
Figura IV. 8. Riesgo por heladas



4.2.1.2.2. Ciclones (Huracanes)

Un huracán tropical o ciclón consiste en una gran masa de aire con vientos fuertes que giran en forma de remolino hacia un centro de baja presión y que está acompañada de lluvias intensas. Conforme al Atlas Nacional de Riesgos elaborado por el CENAPRED, el proyecto se encuentra en una zona de riesgo bajo a muy bajo por ciclones.

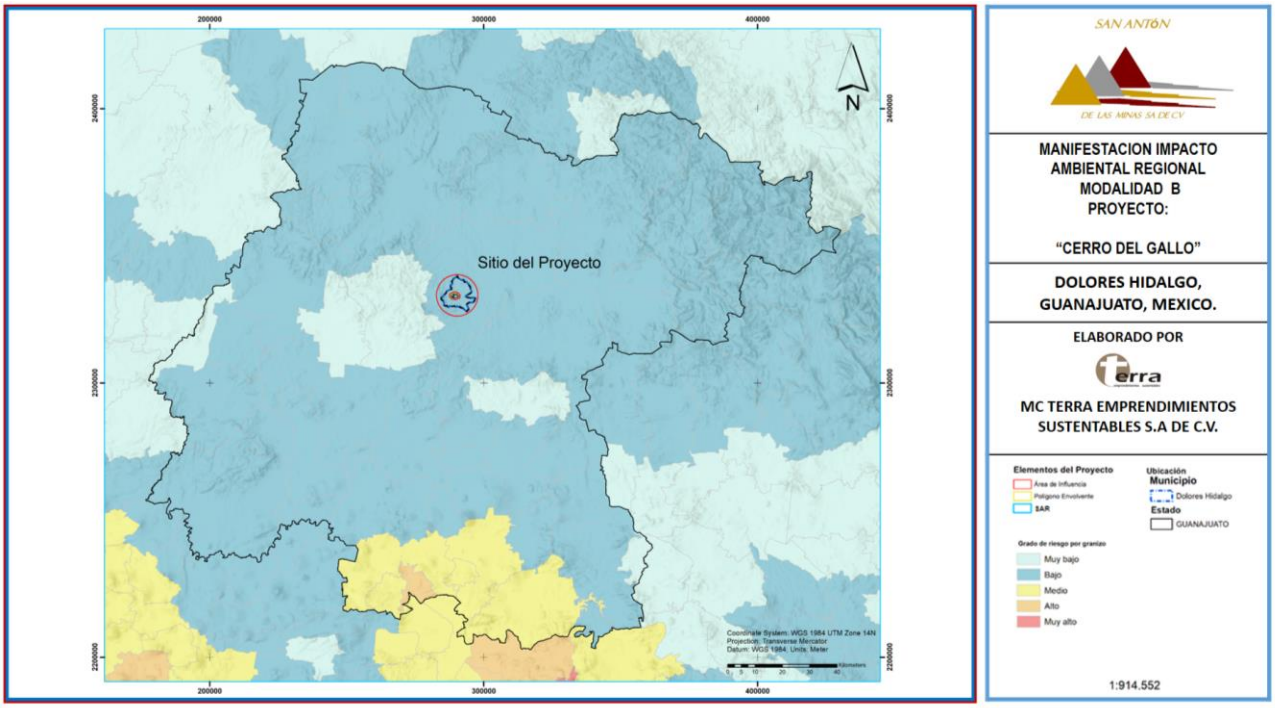
Figura IV. 9. Riesgo por ciclones



4.2.1.2.3. Granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. Conforme al Atlas Nacional de Riesgos elaborado por el CENAPRED, el proyecto se encuentra en una zona de riesgo bajo por granizadas.

Figura IV. 10. Riesgo por granizo



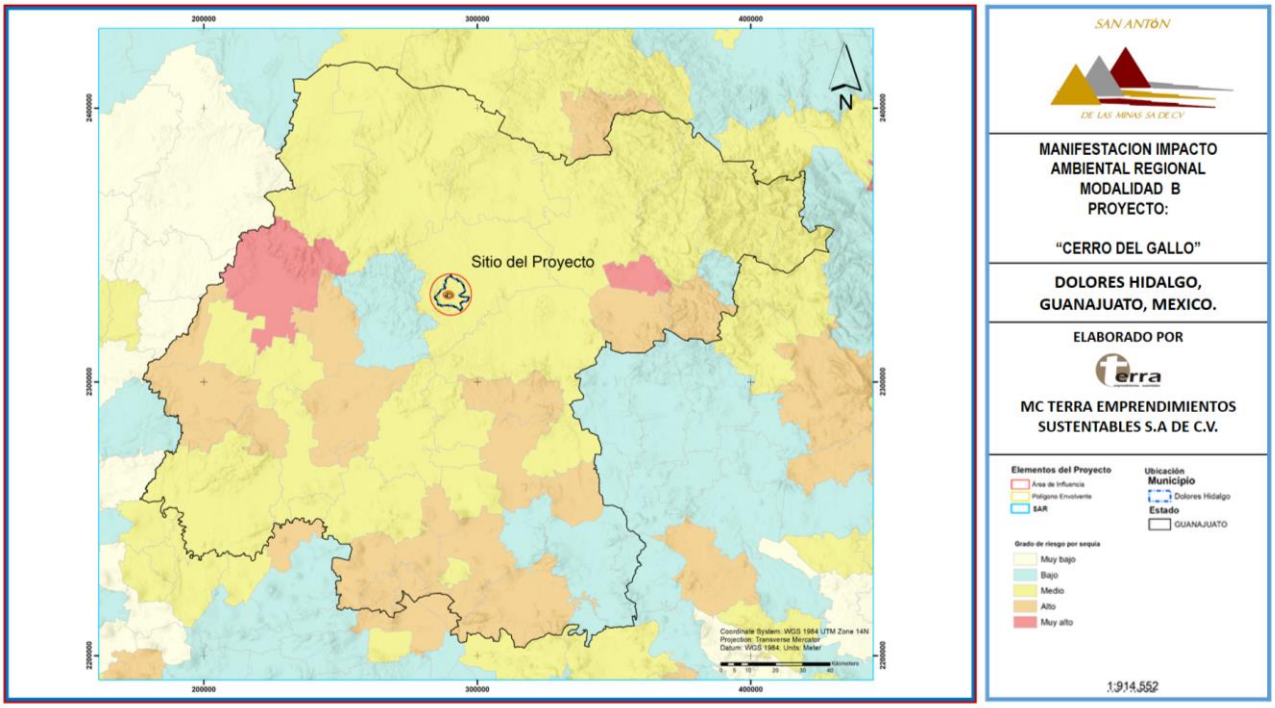
4.2.1.2.4. Sequía

La sequía es una condición normal y recurrente del clima. Ocurre o puede ocurrir en todas las zonas climáticas, aunque sus características varían significativamente de una región a otra. Se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico.

Otros factores como las altas temperaturas, los vientos fuertes y una baja humedad relativa están frecuentemente asociados con la sequía. Aun cuando el clima es el principal elemento de la sequía, otros factores como los cambios en el uso del suelo (la deforestación, agricultura, zonas urbanas), la quema de combustibles fósiles, las manchas solares, la ocurrencia de "El Niño" y otros fenómenos, afectan las características hidrológicas de la región. Debido a que las zonas tienden a estar interconectadas por sistemas hidrológicos, el impacto por sequía puede extenderse más allá de las fronteras del área con una precipitación deficiente.

Conforme al Atlas Nacional de Riesgos elaborado por el CENAPRED, el proyecto se encuentra en una zona de riesgo modero a alto por sequías.

Figura IV. 11. Riesgo por sequía

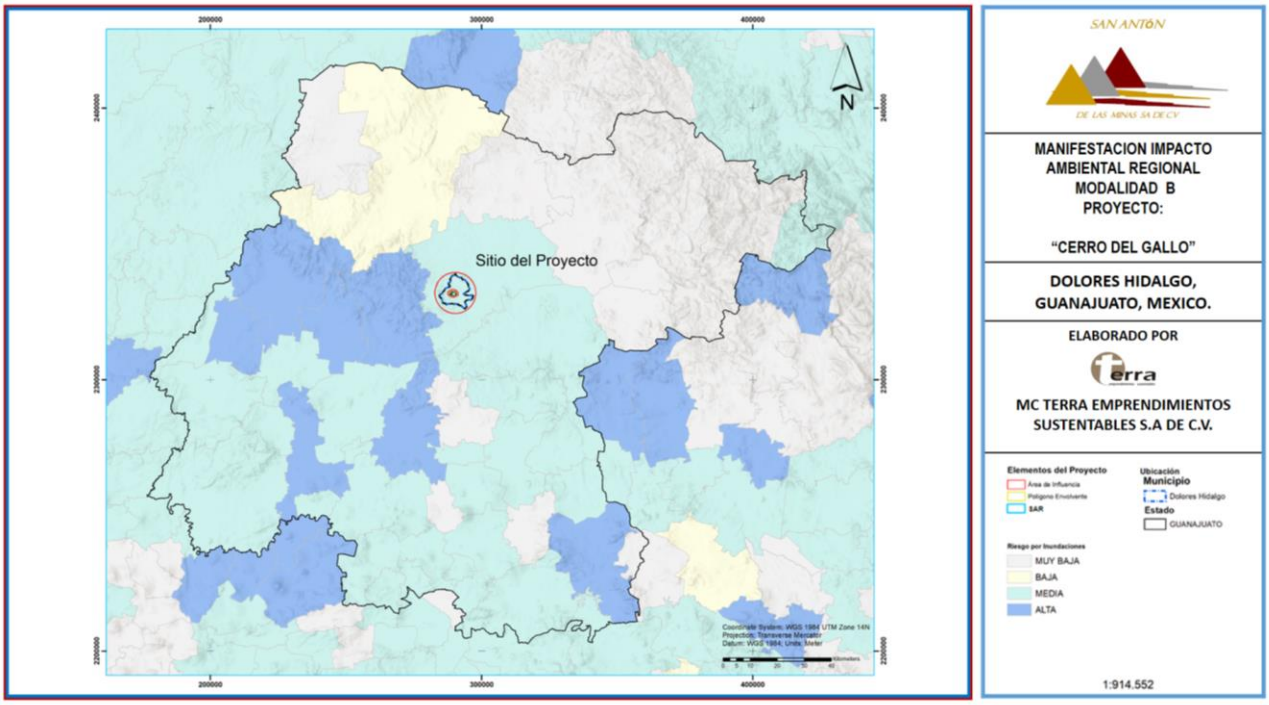


4.2.1.2.5. Inundaciones

De acuerdo con el CENAPRED, el agua es uno de los recursos naturales más valiosos de cualquier país debido a los beneficios sociales y económicos que se derivan de su consciente explotación. De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), una inundación se define como el aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce, donde nivel normal se entiende por aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños.

Conforme al Atlas Nacional de Riesgos elaborado por el CENAPRED, el Proyecto se encuentra en una zona de riesgo medio por inundaciones.

Figura IV. 12. Riesgo por inundación



4.2.2. Geología y geomorfología

En general las rocas reconocidas en la región proceden de diversos periodos geológicos, desde el Jurásico hasta el Reciente y se dividen en dos grandes secuencias, una vulcano-sedimentaria que pertenece a un arco volcánico submarino del Jurásico superior- Cretácico inferior, llamado Arco de Guanajuato y una cubierta volcánica del Cenozoico que ocupa grandes extensiones.

La unidad volcano-sedimentaria que aflora a lo largo de la Sierra de León-Guanajuato y San Antón de las Minas, se denomina también formación Esperanza y está constituida por Lutitas, Lutitas carbonosas, Limolitas, Areniscas, Pedernal negro y Calizas micriticas con laminaciones de Limolita, con metamorfismo de facies esquistos verdes. La base de la unidad no aflora, pero se infiere un espesor mayor de 500 m y aunque no se reportan dataciones para esta unidad, de acuerdo a su litología, al estilo de deformación y la relación estratigráfica se le ha asignado una edad jurásica.

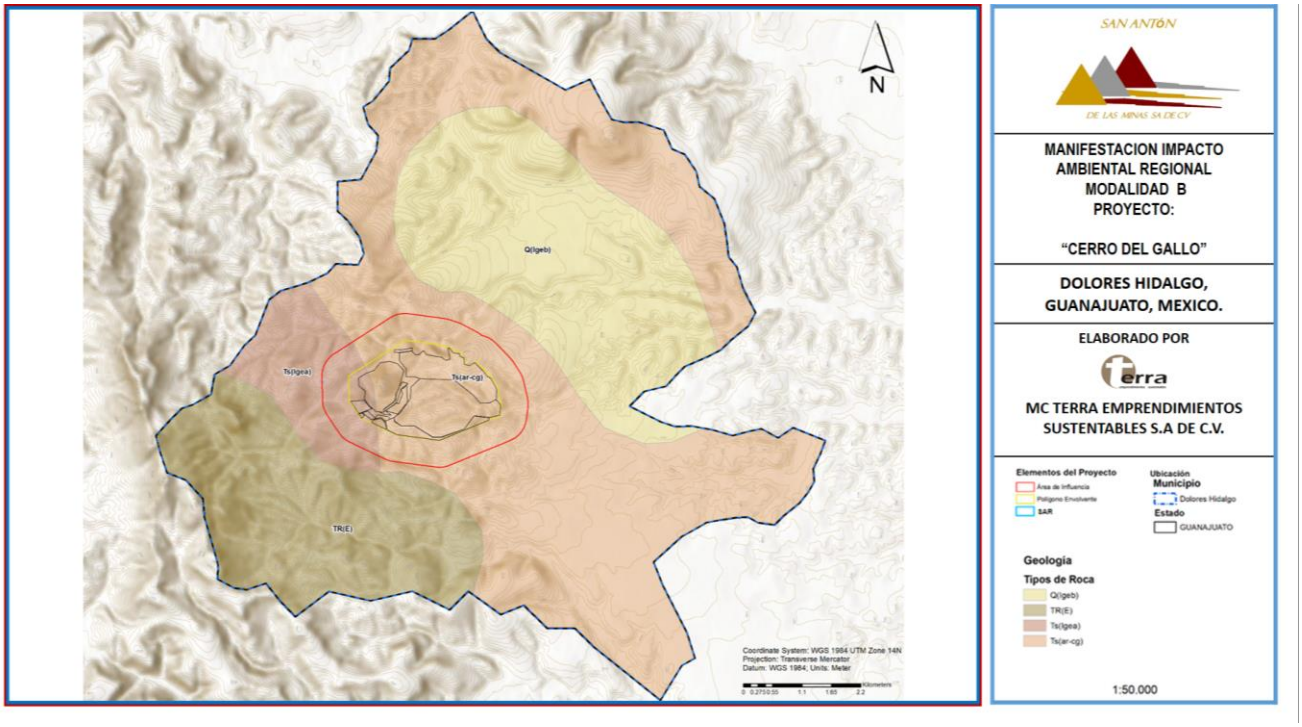
De edad cenozoica y cubriendo a las unidades antes descritas se presenta la Formación Guanajuato, compuesta por fragmentos de cuarzo, caliza, granito y andesitas cementadas por una matriz arcillosa, cuyo espesor se estima en 1500 m y con una edad que varía del Paleoceno al Oligoceno.

Tabla IV. 8. Superficies que ocupan cada una de las unidades geológicas

CLAVE	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Q(Igeb)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Cuaternario	2043.04	24.09
TR(E)	Metamórfica	Esquisto	Mesozoico	Triásico	1520.35	17.92
Ts(ar-cg)	Sedimentaria	Arenisca-Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	4347.60	51.26
Ts(Igea)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva ácida	Cenozoico	Neógeno	570.85	6.73
TOTAL					8,481.83	100

En el SAR se presentan rocas de origen volcánico, sedimentario y metamórfico, así como sedimentos aluviales del cuaternario. En La siguiente figura, se muestra los tipos de roca y su distribución dentro del SAR.

Figura IV. 13. Geología y Litología del área de estudio



Esquistos (Metavolcanica Sedimentaria)

Los esquistos constituyen un grupo de rocas metamórficas de grado medio, notables principalmente por la preponderancia de minerales laminares tales como la mica, la clorita, el talco, la hornblenda, grafito y otros. El cuarzo se halla con frecuencia en granos estirados hasta al extremo que se produce una forma particular llamada cuarzo esquisto. Por definición, el esquisto contiene más de un 50% de minerales planos y alargados, a menudo finamente intercalado con cuarzo y feldespato. En el esquisto los granos minerales individuales, alargados hasta formar escamas por el calor y la presión, pueden verse a simple vista. El esquisto está característicamente foliado, lo que quiere decir que los granos de minerales individuales pueden separarse fácilmente en escamas o láminas. La mayoría del esquisto procede con toda probabilidad de arcillas y lodos que han sufrido una serie de procesos metamórficos incluyendo la producción de pizarras y filitas como pasos intermedios. Ciertos esquistos proceden de rocas ígneas de grano fino como basaltos y tobas. La mayoría de los esquistos son de mica, aunque también son frecuentes los de grafito y clorita. En la zona del proyecto ocupan una amplia superficie rodeando la formación volcánica del Cerro del Gallo.

Arenisca Conglomerado

Esta Unidad geológica conformada por areniscas color café claro de grano fino a medio, empacados en una matriz arcillosa con carbonato de calcio, es de consistencia física medianamente compacta. Esta unidad sobreyace de manera discordante a rocas del Cretácico y a rocas volcánicas del Terciario superior por lo que se le asigna tentativamente esta edad. Se ubica conformando amplias secciones sobre las tierras planas de la parte media y oriente del SAR, que en su conjunto ocupan el 51.26% de la superficie del SAR.

Suelos Aluviales

Los depósitos aluviales están conformados por sedimentos recientes transportados y depositados por las principales corrientes del SAR, como parte de los procesos de

erosión y deposición causados principalmente por el agua; forman valles con rellenos más o menos profundos y de diversa mineralogía.

4.2.2.1. Fisiografía

De acuerdo con el INEGI (INEGI, 2000) el territorio del estado de Guanajuato incluye 3 provincias fisiográficas: Eje Neovolcánico, Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental y el SAR del Proyecto se encuentra inmerso dentro de la provincia Mesa del Centro, subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato.

La provincia fisiográfica Mesa del Centro; la cual se extiende al Sur desde su punto de contacto en el río Nazas con la provincia de las Sierras y Llanuras del Norte. Queda limitada al poniente por la sierra Madre Occidental y al oriente por la sierra Madre Oriental. La limita al Sur la provincia del Eje Neovolcánico. Comprende partes de los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Guanajuato.

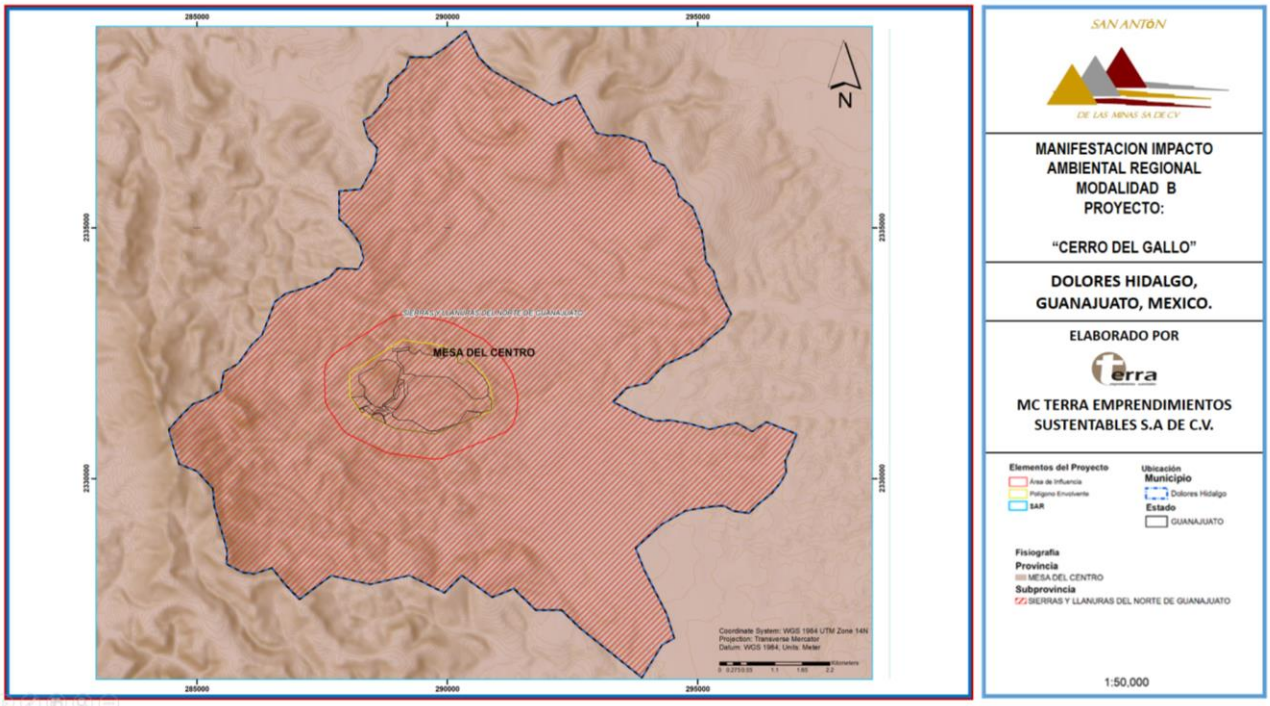
El margen occidental de la Mesa Central consiste en el relieve en valles anchos orientados al norte, controlados por fallas, como el valle de Aguascalientes, la Mesa Central ocupa una posición compleja, delimitada por cuatro provincias. En su superficie se conjugan las elevaciones plegadas y las riolíticas, características de las sierras madre, dispuestas al norte, oriente y occidente. Por el sur, se sobreponen los volcanes, lavas y piroclastos cuaternarios del Sistema Neovolcánico. La Mesa Central se distingue en el conjunto de provincias fisiográficas o geomorfológicas de la República Mexicana por su origen complejo, influenciado por procesos neogénicocuaternarios que incluyen plegamiento, tectónica de bloques, derrames volcánicos fisurales, volcanismo central, erosión en las montañas y acumulación en las depresiones. La neotectónica y las condiciones climáticas de fines del Pleistoceno a la actualidad, favorecen el desarrollo de cuencas endorreicas con planicies aluviales y lacustres.

Subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato

Esta subprovincia extiende al Sur en forma burdamente triangular hasta la altura de las ciudades de Guanajuato en el poniente y San Miguel Allende en el oriente, quedando

dentro de su área Dolores Hidalgo. Consta de varias llanuras angostas entre sierras volcánicas que acaparan la mayor parte del territorio y hacen contacto en el Sureste con la Sierra Gorda, parte de la Sierra Madre Oriental. Los principales ríos de la subprovincia drenan al Sur a la región del Bajío en la provincia del Eje Neovolcánico.

Figura IV. 14. Provincias y subprovincias presentes en el área de estudio

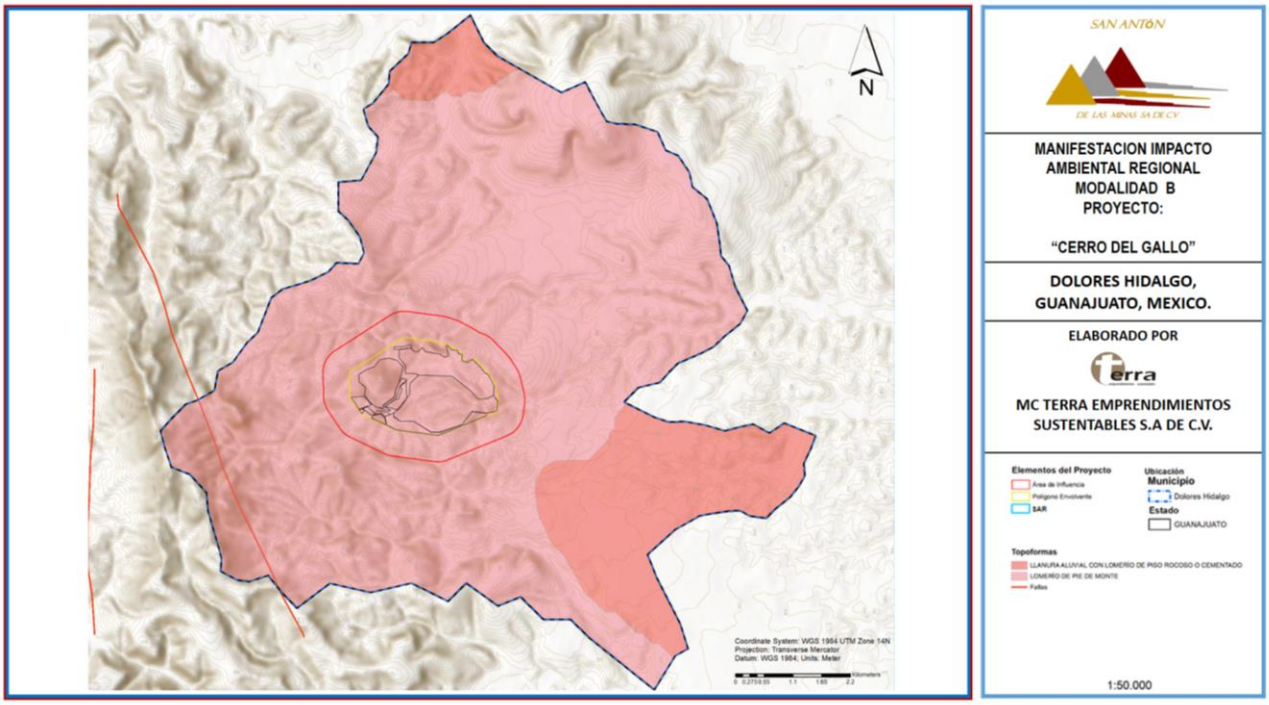


4.2.2.2. Características geomorfológicas

Entre las características geomorfológicas del SAR, se encuentra la descripción de la geoforma de llanura aluvial con lomeríos de piso rocoso y Lomeríos de Pie de Monte. La descripción del sitio se basó en el sistema de topoformas descritas por el INEGI, en el cual un sistema de topoformas se define como un conjunto de topoformas asociadas entre sí, según algún patrón (o patrones) estructural(es) o degradativo(s) y que además presentan un mayor grado de uniformidad paisajística en relación con la unidad jerárquica que las comprende.

Las clases de topoformas se describen con base en la elevación, aspecto, componente, origen, material de depósito, ubicación, asociación y fase. De acuerdo con estas características, el sistema de topoformas que ocupa la mayor parte de la superficie en el SAR son los lomeríos a pie de monte.

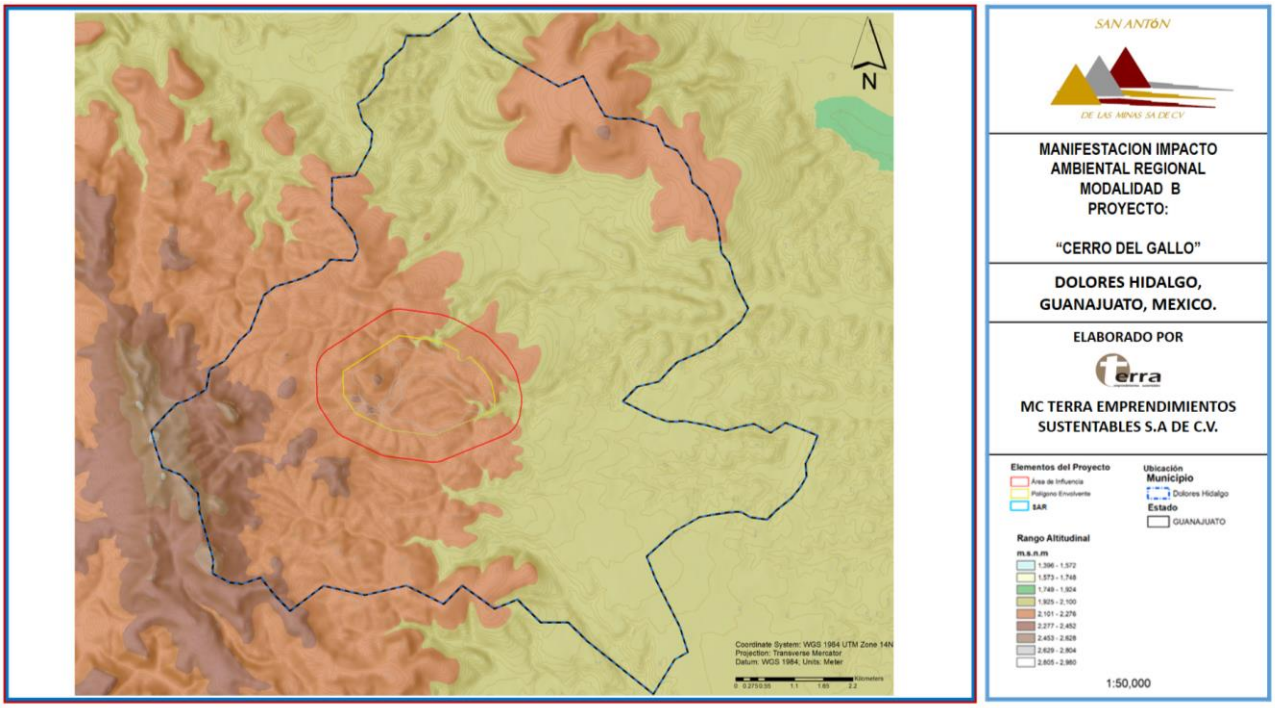
Figura IV. 15. Sistema de topoformas, fallas y fracturas presentes en el SAR.



4.2.2.3. Características del relieve

Dentro del SAR, se presentan diferentes altitudes que van desde los 1,981 m.s.n.m. hasta los 2,520 m.s.n.m., las elevaciones más bajas están en la parte Sur-Sureste, y las altitudes más altas en la parte oeste. En el polígono del Proyecto también se presentan diferentes transiciones de altitud que van desde los 2,114 m.s.n.m. a los 2,290 m.s.n.m.

Figura IV. 16. Gradiente altitudinal presente en el Área del Proyecto (AP) y el SAR.



4.2.2.4. Susceptibilidad de la zona de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos

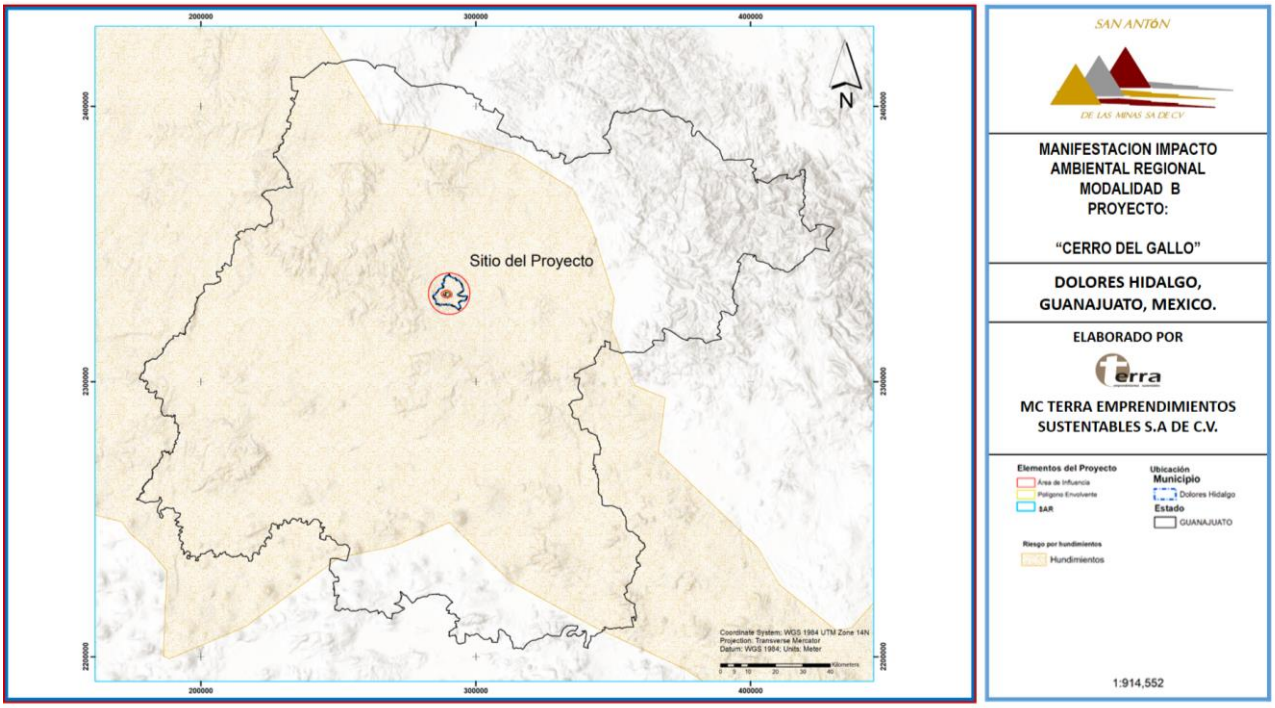
Existen diversas formas mediante las cuales se inicia un deslizamiento. Una característica casi invariable es "la presencia o ausencia de agua", según el tipo de formación geológica involucrada.

Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. Los temblores intensos junto con los procesos de erosión son causas comunes que pueden actuar en diversas formas. Probablemente el factor más importante de todos los que pueden provocar un problema de inestabilidad de laderas naturales es el cambio en las condiciones de contenido de agua del subsuelo.

El cambio de condiciones de contenido de agua del subsuelo puede ser generado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas. Este último quizá sea el modo más común de afectar las condiciones del agua subterránea y, es especialmente grave porque las lluvias excesivas también incrementarán los escurrimientos superficiales que pueden provocar una erosión del material al pie de un talud e intensificar de este modo las tendencias al deslizamiento.

Según el CENAPRED en el mapa de las regiones potenciales de deslizamiento de laderas en México, se identifican 8 zonas potenciales de derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos. Sin embargo, el SAR y el Área del Proyecto no pertenecen a ninguna de estas zonas y la más cercana, la región del Eje Neovolcánico, se encuentra al sur del sitio. Sin embargo, el SAR y el Área del Proyecto quedan dentro de las zonas susceptibles a hundimientos.

Figura IV. 17. Regiones potenciales de hundimientos de laderas en el SAR y el Área del Proyecto.



4.2.2.5. Regionalización sísmica

Empleando los registros históricos de grandes sismos en México, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud, se ha definido la Regionalización Sísmica de México y en la que se diferenciaron cuatro zonas.

a) *Zona A, de baja sismicidad.* No presenta registros históricos por lo que no se han reportado sismos de magnitud considerable en los últimos 80 años. Aceleración menor al 10%.
b) *Zona B, de media intensidad.* Es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
c) *Zona C, de alta intensidad.* En esta zona hay más actividad que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
d) *Zona D.* Ha registrado con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de gravedad.

De acuerdo con el mapa de Regionalización Sísmica de México, el SAR y el Área del Proyecto corresponden a la zona B la cual es de media intensidad y donde las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración.

La intensidad de un sismo en un lugar determinado se evalúa mediante la Escala Modificada de Mercalli y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en el terreno; De acuerdo al mapa global de intensidades que representa la actividad sísmica en el país, en el área de estudio se encuentra en la escala V.

Figura IV. 18. Regionalización Sísmica de México.

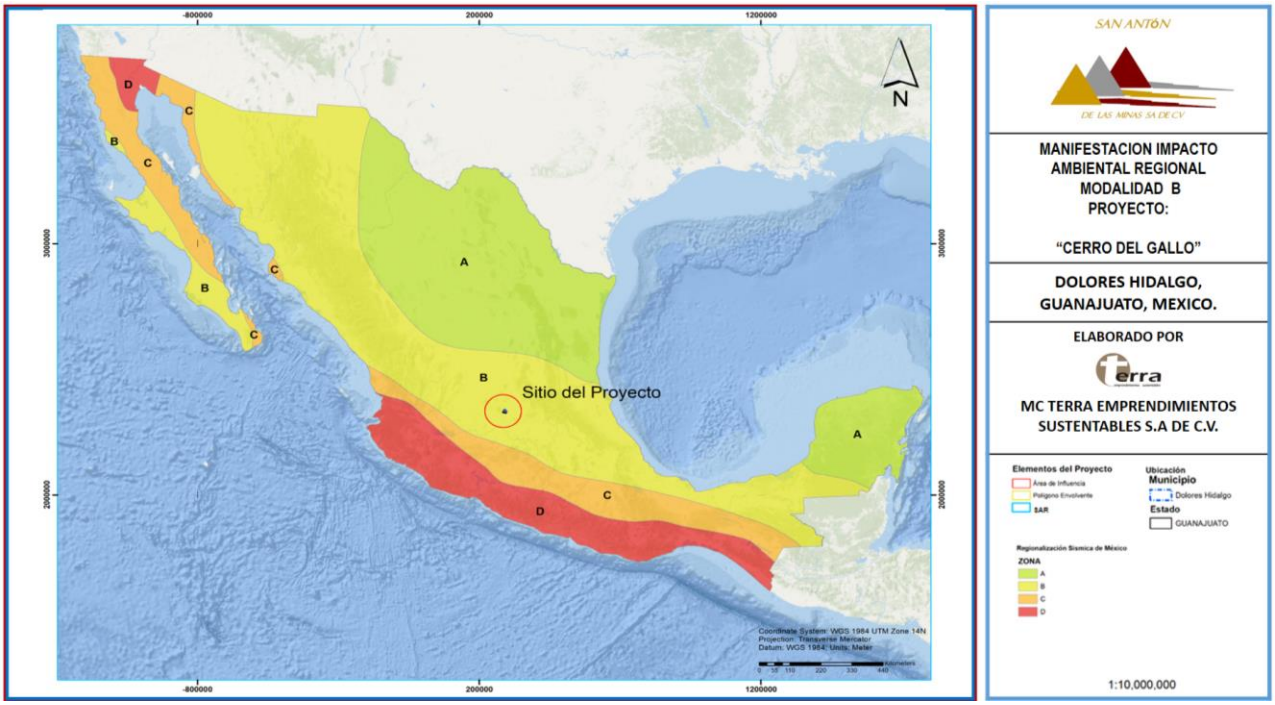
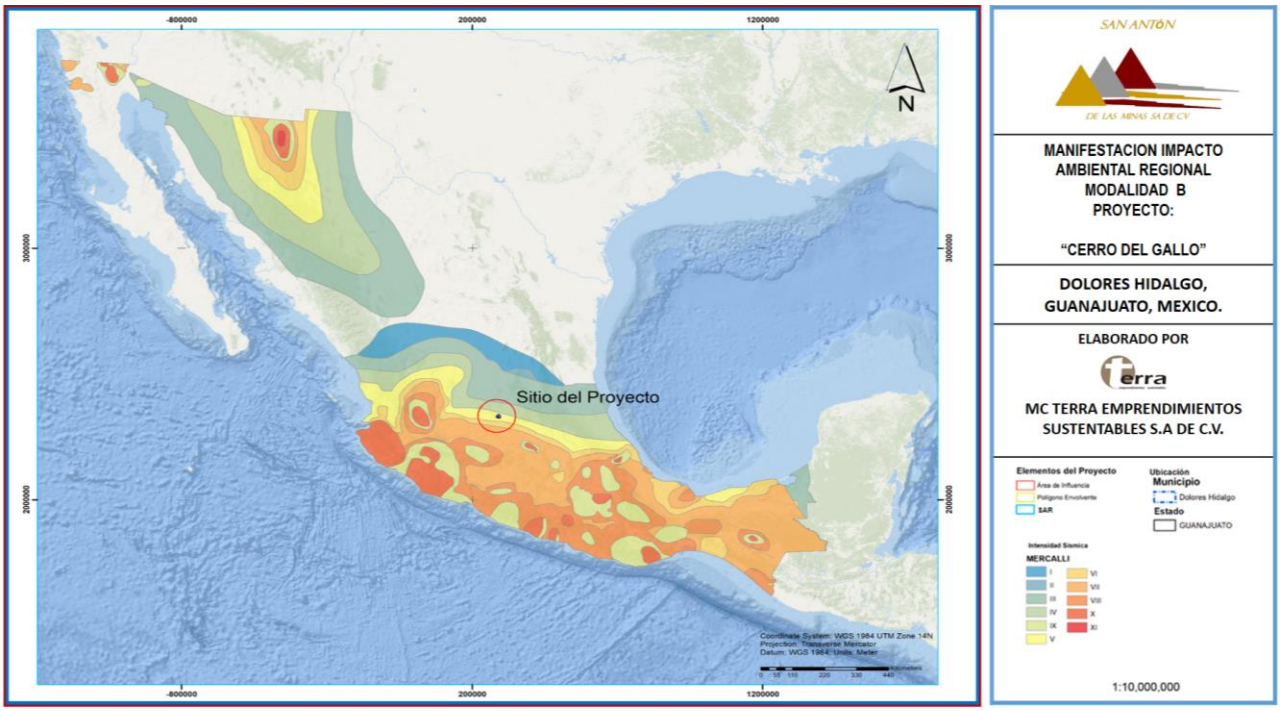


Tabla IV. 9. Escala Modificada de Mercalli.

INTENSIDAD	EFECTOS
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como el paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libe por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta el colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunas estructuras bien construidas en madera se destruyen; la mayoría de las estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.

INTENSIDAD	EFECTOS
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Figura IV. 19. Intensidad sísmica del Proyecto.



4.2.3. Suelos

4.2.3.1. Tipos de suelo

La edafología (de edafos, "suelos") es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. El suelo se origina a partir de la materia madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre. A esta materia madre se agregan el agua, los gases, dióxido de carbono, el tiempo transcurrido, los animales y las plantas se descomponen y transforman el humus, dando por resultado una compleja mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos. El suelo alcanza su estado de madurez cuando presenta una profundidad y una secuencia de capas llamadas horizontes.

Existen diferentes sistemas de clasificación de suelo, para el presente proyecto se utilizó la cartografía de INEGI, escala 1: 250,000. De tal información se obtuvo que en el SAR

existen las siguientes unidades de suelo: Durisol, Phaeozem, Vertisol, Leptosol, Fluvisol, Regosol y Cambisol.

Tomando en cuenta que la clasificación del INEGI agrupa a los tipos de suelo por unidades y subunidades, así como de las asociaciones entre cada tipo de suelo, su textura y fase física o química, se tiene entonces que para el área de estudio existen 6 tipos de unidades de suelo que se identifican con una clave, la cual se compone por una unidad de suelo, subunidad, clase textural y la fase del suelo. Particularmente, en el Área del Proyecto predomina el suelo Leptosol mólico.

Tabla IV. 10. Unidades de suelos presentes en el SAR.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (Ha)	SUPERFICIE (%)	SUPERFICIE PROYECTO (%)
DUlvptn+PHlvpdn/2	Durisol lúvico endopétrico asociado a Phaeozem lúvico endodúrico de textura media	1840.93	21.70	-
LPli+LPmosk+CMhulep/2	Leptosol lítico asociado a Leptosol mólico esquelético asociado a Cambisol húmico epiléptico de textura media	456.41	5.38	-
LPmosk+PHskplep/1R	Leptosol mólico esquelético asociado a Phaeozem epiesquelético epiléptico de textura gruesa	2768.61	32.64	100
PHlep+LPli/2R	Phaeozem epiléptico asociado a Leptosol lítico de textura gruesa pedregosa	710.39	8.38	-
PHskp+FLskpmo/2R	Phaeozem epiesquelético asociado a Fluvisol epiesquelético mólico de textura gruesa pedregosa	487.90	5.75	-
RGsklep+PHskplen+LPmosk/3R	Regosol esquelético epiléptico asociado a Phaeozem epiesquelético endoléptico asociado a Leptosol mólico esquelético de textura fina pedregosa	643.01	7.58	-
VRpelep+PHlep/3R	Vertisol pélico epiléptico asociado a Phaeozem epiléptico de textura fina pedregosa	166.86	1.97	-
VRpelep+PHlep+LPli/3R	Vertisol pélico epiléptico asociado a Phaeozem epiléptico asociado a Leptosol lítico de textura fina pedregosa	1407.73	16.60	-

Fluvisol (FL); se les conoce como suelos de río, son suelos aluviales jóvenes poco desarrollados que reciben sedimentos frescos durante regulares inundaciones, muestran estratificación o alguna otra evidencia de sedimentación reciente y su formación está condicionada por la topografía del terreno. Los Fluvisoles aguas arriba de una cuenca son normalmente confinados a estrechas franjas de tierra adyacentes al actual lecho del río, mientras que, en las partes bajas y medias, la llanura inundada es más ancha y tiene el clásico arreglo de diques y terrazas, con Fluvisoles gruesamente texturados en los

diques y suelos más finamente texturados en las áreas de las terrazas más alejadas del río.

Leptosol (LP); la definición de la WRB sobre Leptosoles se refiere específicamente a los suelos someros y poco desarrollados, con grandes cantidades de fragmentos rocosos en el perfil con presencia de roca dura y continua dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo. Son particularmente comunes en áreas de montaña en su mayoría, tierras de alta o mediana elevación y una topografía fuertemente disectada. Se ubican en unidades muy erosionadas casi en cualquier geología presente. Están normalmente libres de sales solubles en niveles tóxicos. La vegetación natural sobre los Leptosoles varía con el clima, pero son suelos poco atractivos para el cultivo y están limitados para la producción de cultivos de árboles o pastizales. Por lo general, los Leptosoles, se mantienen mejor bajo cubierta de tipo forestal.

Phaeozem (PH); son suelos cuya distribución está condicionada por el clima, se forman principalmente en regiones forestales y de pastizales con cierto grado de humedad donde existe un ligera percolación que remueve parte de las bases intercambiables e impide la formación en el perfil de sustancias como los carbonatos de calcio de tipo secundario, en consecuencia tienen horizontes superficiales gruesos, obscuros, ricos en materia orgánica, suaves y bien estructurados por ello son porosos, bien aireados con estructuras migajosas ó de bloques, moderadas o fuertes, muy estables. Los Phaeozems son porosos, suelos fértiles y son excelentes para el cultivo. La erosión por viento y agua representa un serio peligro para su conservación.

Vertisol (VR); los Vertisoles suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre Vertisoles (del latín vertere, dar vuelta) se refiere al reciclado interno constante del material de suelo. Las propiedades físicas y el régimen de humedad del suelo de los Vertisoles representan serias restricciones de manejo. La textura del suelo pesada y el

predominio de minerales de arcilla expandibles resulta en rango de humedad del suelo restringido entre stress hídrico y exceso de agua. La labranza se obstaculiza por la adhesividad cuando el suelo está mojado y dureza cuando está seco. La susceptibilidad de los Vertisoles al anegamiento puede ser el único factor más importante que reduce el período de crecimiento real.

Regosol (RG); El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra, se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina, bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.

Cambisol (CM); deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros, se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal o pascícola.

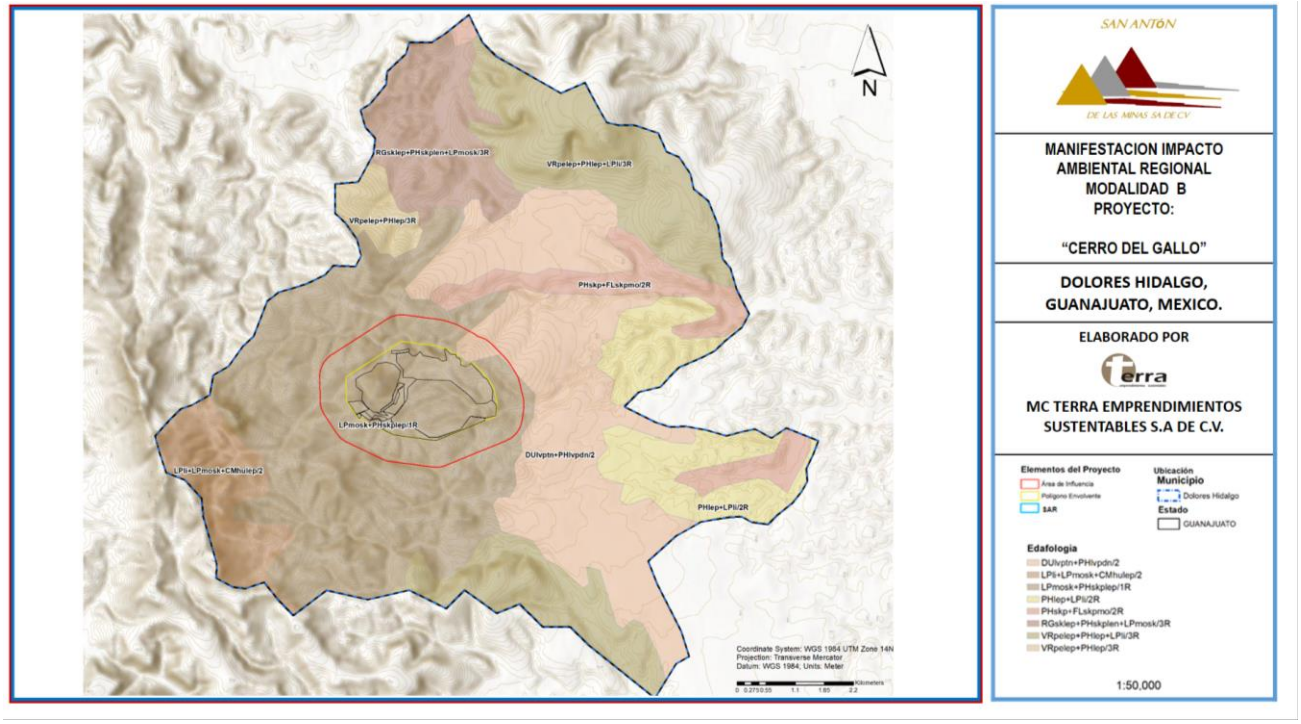
Durisol (DU); deriva del vocablo latino "durus" que significa duro, haciendo alusión al endurecimiento provocado por la acumulación secundaria de sílice, el material original lo constituyen depósitos aluviales o coluviales con cualquier textura, el relieve es llano o suavemente ondulado, principalmente llanuras aluviales, terrazas y suaves pendientes de pie de monte, la mayoría de los Durisoles solo pueden ser usados para pastizales extensivos. En zonas donde el regadío es posible, pueden utilizarse para cultivos; en ese caso el horizonte petrodúrico, si está cerca de la superficie, debe romperse.

Textura

Está dada por la proporción porcentual de las partículas minerales (arena, limo y arcilla) que constituyen el suelo en los primeros 30 centímetros de profundidad.

- Fina (3): más del 35% de arcilla
- Media (2): menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena
- Gruesa (1): menos del 188% de arcilla y más del 65% de arena

Figura IV. 20. Unidades edafológicas presentes en el SAR



4.2.4. Hidrología Superficial

El sitio del proyecto se localiza en la RH12 denominada Lerma-Santiago, en la parte centro-occidental del país; dentro de esta gran región, se inserta en la cuenca Río Laja, emplazada en la porción sureste de la RH12; regionalmente se localiza en la subcuenca Río Lajas-Peñuelitas, que ocupa la zona norte de la cuenca mencionada; así el SAR se conforma por Río El Sisote y Arroyo El Durazno, ubicadas al sur de la subcuenca Río Laja-Peñuelitas.

La región hidrológica Lerma-Santiago, representa la superficie de escurrimiento de ríos importantes dentro del contexto nacional; el Río Lerma se origina en los manantiales de Almoloya del Río, en el Estado de México, atraviesa hacia el noroeste del Valle de Toluca, y desagua en el lago de Chapala, en el estado de Jalisco; este río tiene especial importancia ya que surte de energía eléctrica a la Ciudad de México, se utiliza para riego en importantes zonas agrícolas como el Valle de Santiago en Guanajuato; sin embargo la mayor parte de sus aguas están contaminadas por ser utilizado como canal receptor de desechos de importantes ciudades industriales como Toluca y Salamanca. Entre los principales afluentes del río Lerma, están los torrentes de la vertiente noreste del Nevado de Toluca, entre los que destaca el río Santiaguito con un caudal abundante que ingresa a la laguna Almoloya como afluente izquierdo y el río Verdiguel, que atraviesa la ciudad de Toluca y desemboca por la margen izquierda del río Lerma. Aproximadamente a 10 km aguas abajo de la laguna San Bartolo, el río Lerma recibe su primer afluente de importancia, el río Otzolotepec que nace en la Sierra de las Cruces; sin embargo, es posible afirmar que las corrientes formadoras del río Lerma se originan en el Nevado de Toluca.

Cuenca Río Lajas (H)

La cuenca del Río Lajas se encuentra ubicada en el noroeste del estado de Guanajuato entre las coordenadas geográficas Latitud 21° 33' Norte, Longitud 101° 31' Oeste en el extremo noreste y 20° 46'; 100° 11' en el extremo suroeste. Se obtuvo de la CNA, la información hidrológica del Río Lajas, con las aportaciones mensuales a la altura de la presa "Ignacio Allende" desde el año de 1940. Esta presa se terminó en agosto de 1968, con una capacidad total de 251 hm3, de los cuales se destinan para riego 115 hm3, y la diferencia en capacidad es para el control de avenidas.

La cuenca alta del Río Lajas tiene una superficie de 7,017 km2, con una red de tributarios, entre los que pueden mencionarse como los más importantes, el Río Arrastres, el San Marcos, el Plan, el Carrizal y el Bocas. Este Río Lajas, es el principal contribuyente a la Presa Ignacio Allende, principal fuente de abastecimiento del distrito de riego 085, La Begoña, en el estado de Guanajuato.

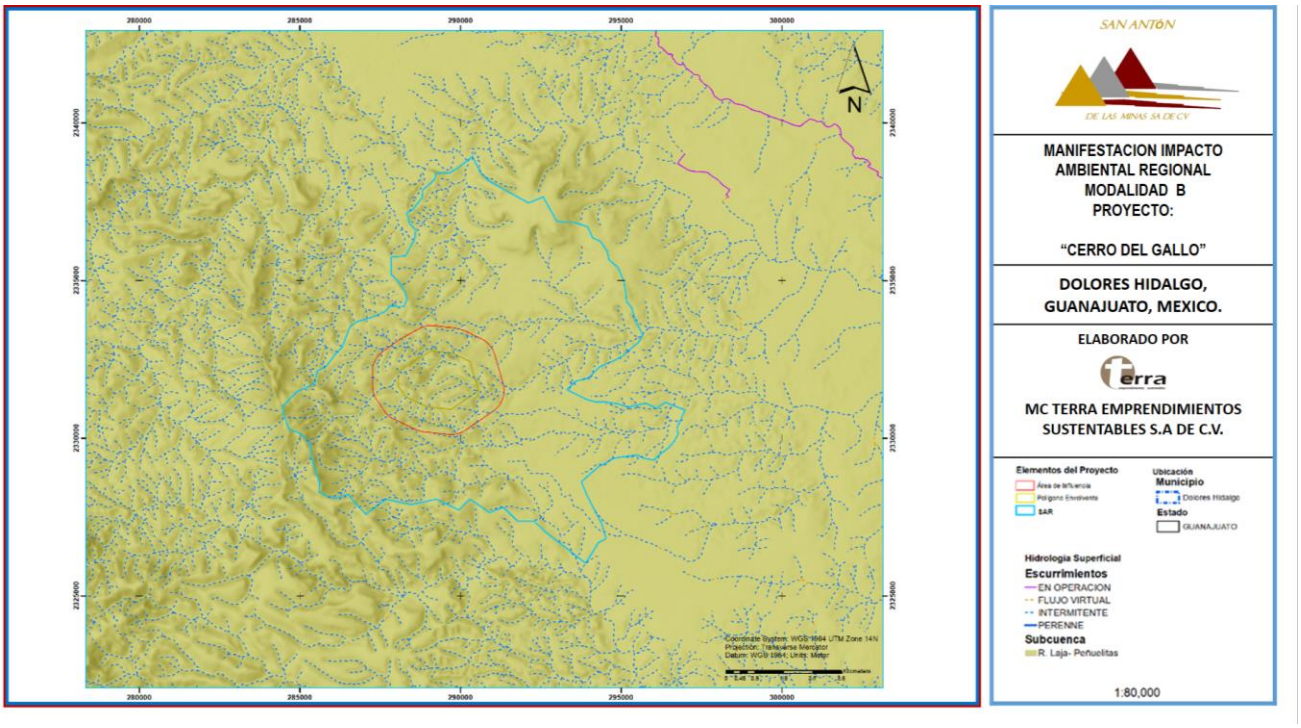
En el Río Lajas, según las observaciones de las estaciones Hidrométricas, no hay escurrimientos permanentes excepto en época de avenidas, quedando totalmente secos sus cauces durante el resto del año, abstracción hecha de la estación La Begoña, sobre el mismo Río Lajas, que con un flujo permanente de 1 m3/s hasta el año de 1968 en que construyó la presa Ignacio Allende, confirmaba ser el dren principal de las aguas subterráneas excedentes de la región. Al paso de los años y debido a la creciente sobreexplotación de los acuíferos regionales, el flujo base ha desaparecido.

El Río Lajas tiene su origen en las sierras de Guanajuato y San Felipe, sigue con una dirección con rumbo SE pasando por las poblaciones de Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende y La Begoña, otro afluente importante es el Arroyo Dolores Hidalgo, que es controlado por la presa Álvaro Obregón. Los arroyos Tlaxcaltilla y San Damián también se originan en la sierra de Guanajuato, y corren hacia el oriente hasta aportar al Río Lajas.

Subcuenca Río Laja-Peñuelitas

Esta subcuenca se ubica en la parte norte del estado de Guanajuato, cubriendo total o parcialmente los municipios de Doctor Mora, Dolores Hidalgo, Guanajuato, León, Ocampo, San Diego de la Unión, San Felipe, San José Iturbide, San Luis de la Paz y San Miguel de Allende.

Figura IV. 21. Hidrología superficial.



4.2.4.1. Hidrología Subterránea

El acuífero del Cuenca alta del Río Lajas está formado principalmente por secuencias sedimentarias aluviales del Terciario, que forman un acuífero granular. Regionalmente el acuífero se comporta como libre o semilibre. Con base en la interpretación fotogeológica de los pares estereoscópicos de fotografías aéreas que cubren el SAR, se define la región como eminentemente volcánica constituida por sierras de riolitas, andesíticas y basaltos que descansan sobre un relieve antiguo de rocas sedimentarias del cretácico que afloran únicamente en la Sierra de Pozos y en la sierra que separa el valle de San Miguel Allende del de Dr. Mora - San José Iturbide. El relieve de rocas volcánicas formaba una cuenca cerrada. Posteriormente, la acción erosiva del Río Lajas talló una salida al sur de la cuenca, desarrollándose su sistema de drenaje a través de los materiales de diferentes permeabilidades que rellenaban la antigua cuenca cerrada. En las zonas, la erosión todavía no ha avanzado lo suficiente para conseguir una conexión de drenaje superficial con el Río Lajas.

En general, las formaciones volcánicas de riolitas, andesitas y basaltos, son de características impermeables por lo tanto funcionan como fronteras al flujo de aguas subterráneas. Las tobas constituyen el principal acuífero de la región, son de permeabilidad variable de acuerdo con su contenido de arenas volcánicas y arcillas. Los conglomerados observados en la parte occidental de la zona pueden ser localmente permeables; sin embargo, se encuentran arriba del nivel general de saturación, por lo que no tienen importancia como acuíferos.

Las recargas a los acuíferos tienen lugar probablemente en las zonas de fronteras y en forma vertical a través de las diferentes capas de toba de permeabilidad variable.

Las condiciones de frontera del acuífero del Río Lajas - San Felipe son:

1) En el este son arbitrarias por estar en colindancia con el acuífero de la Laguna Seca, del que recibe recarga hacia el cono de abatimiento;

2) En el sentido sur se tiene la Sierra de Guanajuato y de Codornices y al sureste con la Presa Ignacio Allende, cuyo carácter hidrológico se desconoce.

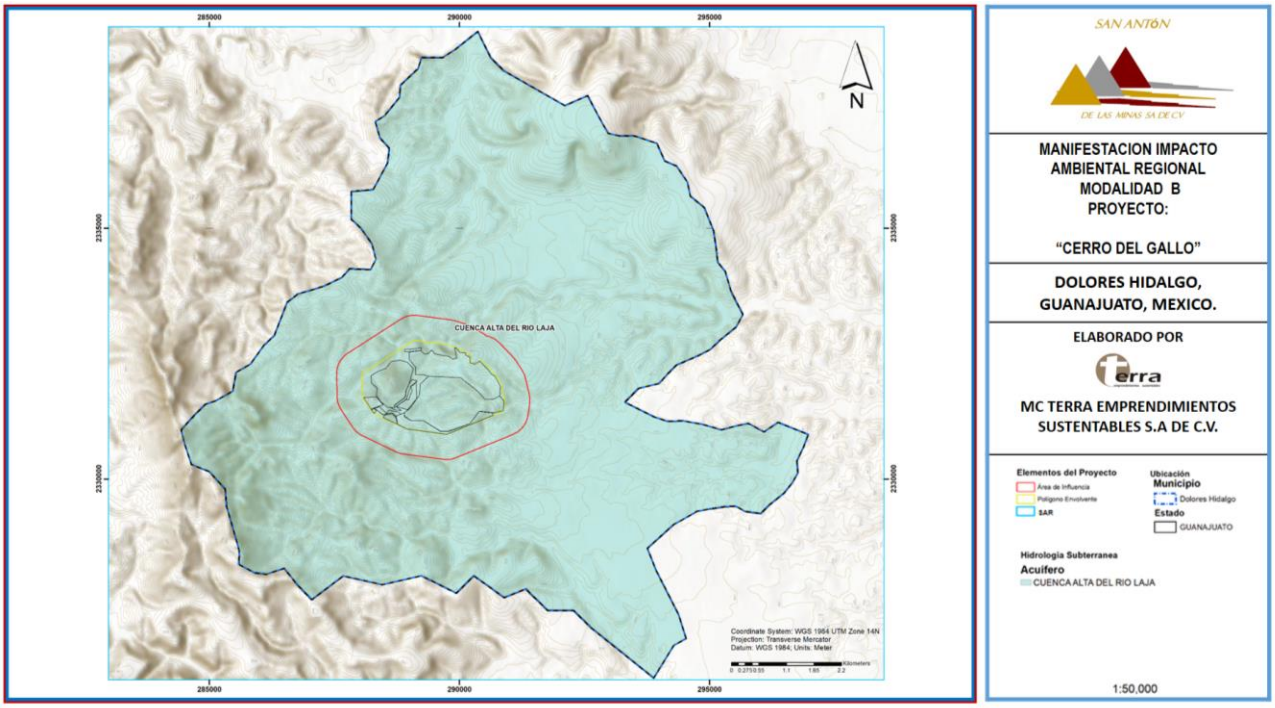
3) Al norte, se encuentra limitado por mesetas basálticas permeables en la región de San Diego de la Unión, mientras que en la zona de San Felipe colinda con el parteaguas continental.

Tabla IV. 11. Condición del acuífero presente en la región del proyecto (CONAGUA, 2015).

Clave	Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
	Cifras en millones de metros cúbicos anuales						
1108	Cuenca Alta del Río Laja	139.7	0.0	199.026301	412.0	0.000000	-59.316301

R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado del agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea

Figura IV. 22. Hidrología subterránea



Los diferentes parámetros de calidad de agua con respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996 y a la NOM-127-SSA1-1994; el agua superficial y subterránea de la zona de influencia del proyecto minero Cerro del gallo, no rebasa en la mayoría de los límites permisibles establecidos en las normas mencionadas.

4.2.5. Medio biótico

4.2.5.1. Vegetación terrestre

La vegetación es generalmente la principal porción biótica visible dentro del paisaje, concibiendo al paisaje como la interacción de factores bióticos y abióticos. Estas comunidades se definen a través de su composición florística y su fisionomía, que procede de la forma de vida (biotopo) de sus especies dominantes, sumado a los factores climáticos, edáficos y bióticos del medio. Así sus componentes proporcionan particularidad al medio, dándole un comportamiento fenológico sucesional a lo largo del año (Miranda y Hernández, 2014).

Basados en la clasificación de tipos vegetativos del INEGI (Serie VI), además analizando imágenes tomadas con la ayuda de dron y ortofotos (1: 20,000) se modificaron estas cartas donde se determinó que la vegetación presente en el SAR se compone de acuerdo a lo señalado en la siguiente figura y tabla.

Figura IV. 23. Usos de suelo y vegetación INEGI serie VI

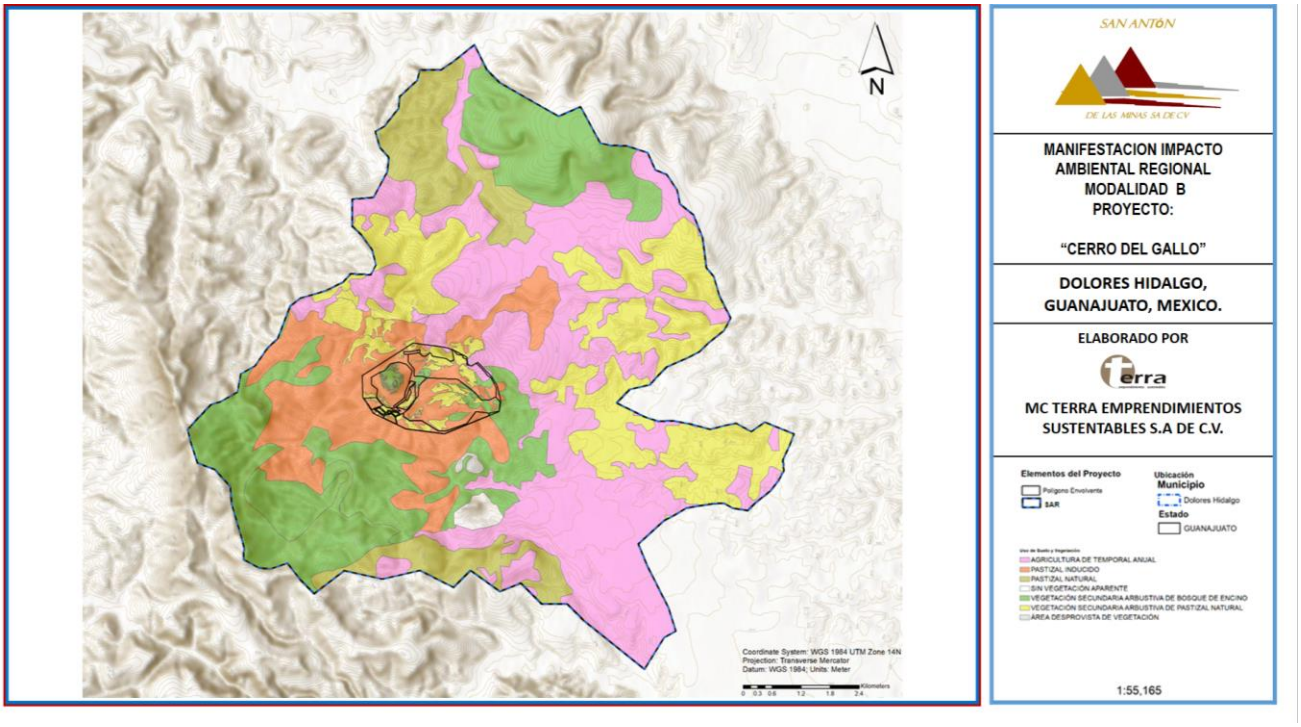


Tabla IV. 12. Uso de Suelo y Vegetación dentro del SAR y AP

Uso de Suelo y vegetación	Clave	Superficie SAR	Superficie Proyecto	Superficie CUSTF	Porcentaje respecto a el SAR
Agricultura de temporal anual	TA	2791.03	11.29	-	-
Áreas desprovistas de vegetación	ADV	67.59	-	-	-
Pastizal inducido	PI	1229.01	205.96	-	-
Pastizal Natural	PN	754.30	-	-	-
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Vs/BQ	2029.63	58.58	58.58	2.89
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	Vs/PN	1610.26	109.44	109.44	6.80
∑		8,481.83	389.05	168.02	1.69

Siguiendo a lo indicado por INEGI a continuación, se describe, los usos de suelo y vegetación que se desarrollan en el SAR.

Agricultura

Así mismo, en el área bajo estudio se distribuyen zonas de uso agrícola que, de acuerdo con el suministro de agua a los cultivos, estos son de tres tipos:

a) Temporal: Cuando el agua necesaria para su desarrollo vegetativo es suministrada por la lluvia.

b) Riego: Cuando el suministro de agua utilizado para su desarrollo es suministrado por fuentes externas, por ejemplo, un pozo, una presa, un río, etcétera.

c) Humedad: Cuando se aprovecha la humedad del suelo, independientemente del ciclo de las lluvias y que aún en época seca conservan la humedad, por ejemplo, zonas inundables, como pueden ser los lechos de los embalses cuando dejan de tener agua.

Por su duración, los cultivos se clasifican en:

a) Anuales: Son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año o menos, por ejemplo, maíz, trigo, sorgo.

b) Semipermanentes: Su ciclo vegetativo dura entre uno y diez años, como el caso de la papaya, la piña y la caña de azúcar.

c) Permanentes: La duración del cultivo es superior a diez años, como el caso del agave, el coco y la mayoría de los frutales.

Pastizal Inducido

Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal.

Bosque de Encino

Los bosques de Quercus o encinares son comunidades vegetales características de las áreas de clima templado y semihúmedo que se distribuyen en las regiones montañosas del país, la mayoría se encuentran entre 1 200 y 2 800 m de altitud; prosperan principalmente en condiciones de clima templado subhúmedo Cw, de la clasificación de Koeppen (1948), pero también se extienden hacia otros climas (Rzedowski, 1978). Se estima que los encinares ocupaban originalmente casi 20% de la superficie del estado de Guanajuato, pero actualmente sólo cubren cerca de 10%, lo que indica que se ha perdido aproximadamente 50% de su área original. En el estrato arbustivo que va de uno a tres metros de altura, son abundantes *Arctostaphylos pungens, Amelanchier denticulata, Comarostaphylis polifolia, Baccharis heterophylla, B. pteronioides, Bouvardia ternifolia, Brickellia scoparia, B. veronicifolia, Buddleja scordioides, B. parviflora, Calliandra eriophylla, Dalea argyrostachya, Eupatorium espinosarum, Eupatorium glabratum, Quercus microphylla, Rhamnus microphylla, Stevia lucida y S. salicifolia.*

Pastizal

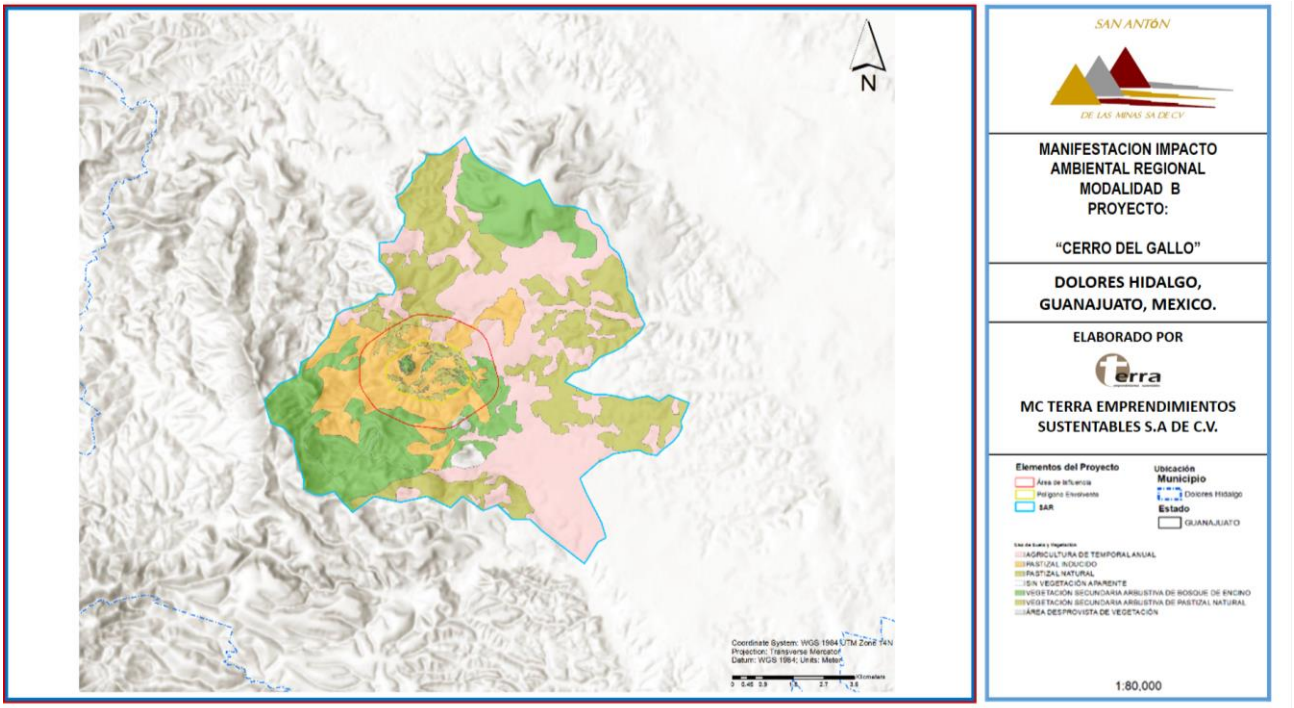
El pastizal, corresponde al tipo de vegetación en donde predominan las gramíneas herbáceas. Representa alrededor del 10% del territorio. Una gran parte de los pastizales de México son el resultado de actividades humanas como el pastoreo, los fuegos y la deforestación. Prospera en altitudes entre 1100 y 2500 m, aunque a veces puede hallarse a menor altitud; las temperaturas medias anuales que oscilan entre 12 y 20°C (o mayores) y la precipitación entre 300 y 600 mm. Los pastizales se encuentran en todo

el país, sin embargo, son más extensos en las regiones semiáridas y de clima templado-frio.

4.2.5.1.1. Tipos de vegetación del área del Proyecto

Como resultado de los muestreos realizados en campo, recorridos y captura de datos, al hacer una comparación con la información cartográfica del tipo y uso de suelo INEGI (Serie VI), encontramos que la vegetación dentro del proyecto corresponde a vegetación secundaria arbustiva de Bosque de Encino y Pastizal natural con 58.58 ha y 109.44 ha respectivamente.

Figura IV. 24. Uso de Suelo y vegetación obtenidos mediante zonificación de superficies



De acuerdo a los análisis comparativos entre los tipos de vegetación observados en campo entre el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional, no se encontraron diferencias fisionómicas y florísticas significativas entre las asociaciones vegetales dentro de estas áreas.

Estimación de los valores de importancia ecológica, parámetros bióticos e índices de diversidad y similitud de especies

Diseño de muestreo

Para determinar los valores de importancia ecológica, parámetros bióticos y estimación de los índices de diversidad y equidad por especies de flora para el SAR y el área del proyecto se utilizó como referencia los procedimientos de muestreo incluidos en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2015); empleando un diseño de muestreo estratificado por rodales.

Se registraron un total de 64 rodales, 40 de ellos se realizaron dentro del área sometida a cambio y uso de suelo (13 rodales para el tipo de vegetación secundaria de Bosque de Encino (VsBQ) y 27 rodales en vegetación secundaria de pastizal natural (Vs PN)) y los 24 restantes se llevaron a cabo en el Sistema Ambiental Regional o Sistema Ambiental Regional, cada uno con un radio de 12.61 metros lo que equivale a una superficie de 500 m2 por unidad de muestra, a cada una de estas unidades le colocó una estaca al centro de la misma, para para indicar el número de cuadrante correspondiente y su ubicación dentro del área sometida a cambio y uso de suelo o Sistema Ambiental Regional, en donde se registraron los valores cualitativos y cuantitativos de los ejemplares de flora para conocer la estructura de la vegetación presente, para el estrato arbóreo se registraron todos aquellos individuos (>1.9 mts), todos aquellos individuos entre (> 0.71 mts y < 1.89 mts) para el estrato arbustivo, para el estrato Herbáceo, además a partir del centro se tomó una sub-unidad más de 1 mts de radio, para tomar registro de todos aquellos pastos presentes y herbáceas menores a 0.25 mts.

Con base a esta información y al uso de tablas dinámicas de Excel, se obtuvo el número total de especies presentes por cada tipo de vegetación, densidad, frecuencia y promedio de cobertura. Así mismo se calculó la riqueza de especies, índices de valor de importancia, índice de Shannon-Wiener e índice de equitatividad de Pielou. En total se

realizaron 64 sitios de muestreo por rodales estratificados, de los cuales 40 se realizaron dentro del área del proyecto y el resto en el Sistema Ambiental Regional. A continuación, se señala la ubicación de cada uno de los sitios de muestreo.

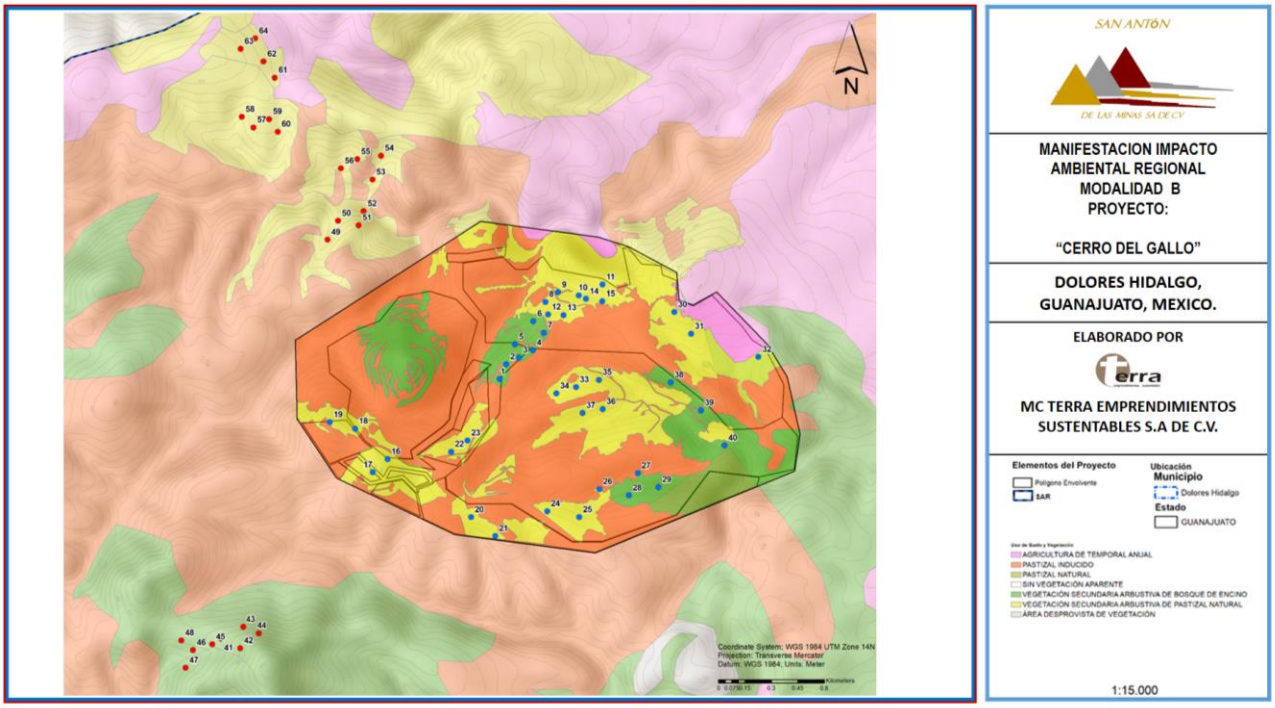
Tabla IV. 13. Sitios de Muestreo Área del Proyecto

Numero	X	Y	Numero	X	Y
1	289203	2331874	21	289178	2330985
2	289241	2331957	22	288928	2331461
3	289313	2331996	23	289021	2331526
4	289392	2332037	24	289473	2331125
5	289290	2332070	25	289654	2331091
6	289394	2332201	26	289769	2331250
7	289454	2332135	27	289987	2331340
8	289462	2332311	28	289936	2331214
9	289534	2332365	29	290104	2331261
10	289652	2332348	30	290194	2332254
11	289787	2332409	31	290289	2332130
12	289478	2332239	32	290671	2331999
13	289566	2332236	33	289636	2331828
14	289692	2332328	34	289525	2331792
15	289785	2332314	35	289766	2331869
16	288567	2331420	36	289788	2331703
17	288483	2331345	37	289674	2331682
18	288383	2331592	38	290174	2331854
19	288240	2331630	39	290345	2331696
20	289041	2331092	40	290478	2331498

Tabla IV. 14. *Sitios de muestreo en el SAR*

Numero	X	Y	Numero	X	Y
41	287618	2330404	53	288482	2333004
42	287732	2330349	54	288531	2333139
43	287749	2330469	55	288396	2333119
44	287837	2330434	56	288303	2333068
45	287573	2330371	57	287807	2333299
46	287464	2330338	58	287741	2333359
47	287422	2330238	59	287895	2333346
48	287397	2330393	60	287945	2333275
49	288227	2332664	61	287927	2333581
50	288287	2332770	62	287864	2333673
51	288403	2332745	63	287734	2333745
52	288432	2332825	64	287817	2333804

Figura IV. 25. Sitios de Muestreo



Para el análisis de la estructura de la vegetación de los puntos de muestreo, se calcularon los tres atributos más importantes de cualquier comunidad vegetal: dominancia, abundancia y frecuencia, tanto absolutas como relativas. Con dichos resultados se obtuvo el valor de importancia para cada especie (IV) Estos valores se obtuvieron mediante el método sugerido por Matteucci y Colma (1982) y Mueller-Dombois y Ellenberg, (1974), es un indicador de la importancia fitosociológica y estructural de una especie, dentro de una comunidad. Puede ser aplicado para clasificar u ordenar comunidades vegetales. Su principal ventaja es que es cuantitativo y preciso.

Este índice fue desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calcula de la siguiente manera:

IVI= Dominancia relativa + Abundancia relativa + Frecuencia relativa

Donde:

Dominancia: Es la proporción de terreno ocupado por una proyección vertical del contorno de las partes aéreas del vegetal hacia el suelo.

$$\textbf{Dominancia} \ \frac{\text{AB de la especie } n}{\text{Sumatoria del AB de todas las especies}}$$

Se calcula por medio del Área Basal (AB): Que es el diámetro del tronco a 1.30 m de altura. Se mide el tronco principal del árbol y cada rama igual o mayor a 5 centímetros de diámetro y se suman todas ellas para calcular el valor del individuo en la unidad de muestreo.

$$\textbf{Área Basal: } \mathbf{AB} = \frac{\pi}{4} \mathrm{DN}^2$$

Abundancia: Es el número de individuos expresado por unidad de área o volumen. La abundancia relativa se refiere al número de individuos de una especie expresado como una proporción de la abundancia total de todas las especies.

$$\textbf{Abundancia} \ \frac{\text{Número de individuos de la especie } n}{\text{Área muestreada}}$$

Frecuencia: Es el número de veces que una especie ocurre en las distintas muestras. La frecuencia relativa se refiere a la aparición de una especie, expresada como una proporción de la frecuencia total de todas las especies.

$$\textbf{Frecuencia} \ \frac{\text{Número de ocurrencia de la especie } n}{\text{Número total de sitios muestreados}}$$

Los resultados de cada atributo se multiplican por 100 para relativizarlos y después se suman. La suma de los 3 atributos siempre será 300.

$$\textbf{Frecuencia relativa} = \text{Frecuencia absoluta} \times 100$$

Dominancia relativa= Dominancia absoluta x 100

Abundancia relativa= Abundancia absoluta x 100

IVI= Frecuencia relativa + Abundancia relativa + Frecuencia relativa = 300

4.2.5.1.2. Riqueza y Diversidad

Riqueza

La riqueza de especies se define sencillamente como el número de especies prescritas a un área determinada. Para este caso en particular es el número total de especies presentes en el área de muestreo.

Diversidad

Es la relación que existe entre el número de especies y de individuos de una comunidad. Los índices de diversidad incorporan en un solo valor, a la riqueza específica y a la equitabilidad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitabilidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitabilidad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitabilidad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitabilidad).

Índice de Shannon-Wiener (H')

Este índice se representa como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0 y 5; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos, aunque algunos ecosistemas considerados muy ricos pueden alcanzar valores de 5 o más.

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi \ln Pi$$

Donde:

S = número de especies (la riqueza de especies)

Pi = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): ni/N

4.2.5.1.3. Resultados

Listado Florístico

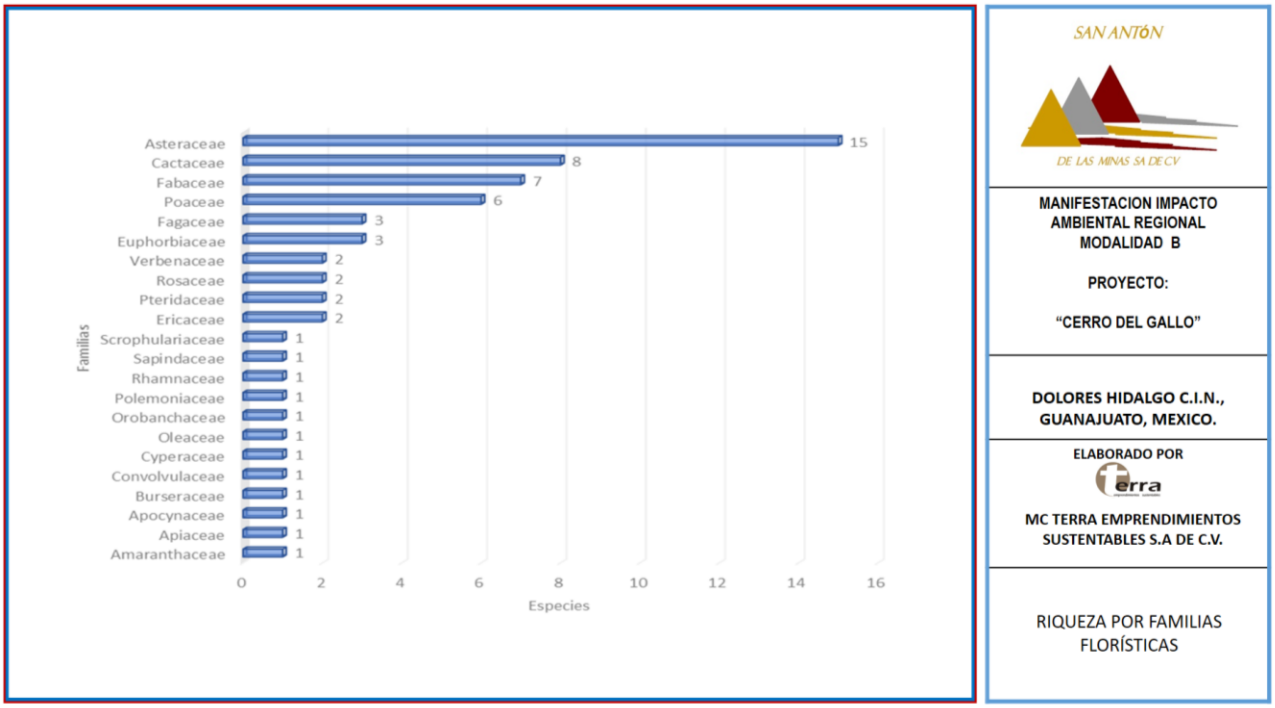
La flora dentro de las áreas del trazo del proyecto y en nuestro Sistema Ambiental Regional obedece a la presencia de 62 taxa repartidos en 14 Órdenes, 22 familias taxonómicas y 56 géneros. Destacan en diversidad específica las familias Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae con quince, ocho y siete especies respectivamente.

Tabla IV. 15. Listado Florístico observado

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
	Apiales	
Apiaceae	*Eryngium heterophyllum Engelm.*	Hierba del sapo
	Asterales	
Asteraceae	*Baccharis pteronioides DC.*	Caratacua
	Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	Jara
	Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	Banderilla
	Brickellia secundiflora (Lag.) A. Gray	Jara blanca
	Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	Estrellita
	Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	Flor del muerto
	Eupatorium glabratum Kunth	Hierba de la paloma
	Gymnosperma glutinosum (Spreng.)	Tatalencho
	Melampodium divaricatum (Rich.) DC.	Acahual amarillo
	Melinis repens (Willd.) Zizka	Pasto rosado
	Muhlenbergia pubescens (Kunth) Hitchc.	Zacate lanudo
	Porophyllum linaria (Cav.)	Cola de coyote
	Tagetes lunulata Ortega	Flor del muerto
	Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.	Hierba blanca
	Caryophyllales	
Amaranthaceae	*Gomphrena serrata L.*	Amor de soltero
Cactaceae	*Coryphantha radians*	Biznaga partida de cuernos
	Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	Biznaga ganchuda
	Mammillaria jaliscana (Britton & Rose) Boed.	Biznaga de Jalisco
	Mammillaria magnimamma Haw.	Biznaga de espina solitaria
	Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	Biznaga ganchuda
	Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	Nopal de castilla
	Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	Nopal camueso
	Opuntia streptacantha Lem.	Nopal cardón
	Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	Biznaga ondulada
	Ericales	

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Ericaceae	*Arctostaphylos pungens Kunth*	Pingüica
	Comarostaphylis glaucescens (Kunth)	Cacahuato
Polemoniaceae	*Loeselia mexicana (Lam.) Brand*	Campanilla
Fabales		
Fabaceae	*Acacia farnesiana (L.) Willd.*	Huizache
	Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	Dalea
	Dalea lutea (Cav.) Willd.	Dalea amarilla
	Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	Palo dulce, Varaduz
	Hoffmannseggia glauca (Ortega)	Camote de ratón
	Mimosa aculeaticarpa Ortega	Garabatillo
	Vachellia constricta (Benth.)	Huizache cimarron
Fagales		
Fagaceae	*Quercus eduardii Trel.*	Encino blanco
	Quercus grisea Liebm.	Encino gris
	Quercus potosina Trel.	Encino
Gentianales		
Apocynaceae	*Asclepias linaria Cav.*	Romerillo, pinillo
Lamiales		
Oleaceae	*Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.*	Acebuche
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora Benth.*	Garañona
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata Kunth*	Tepozán blanco
Verbenaceae	*Lantana camara L.*	Frutilla
	Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton	Oreganillo silvestre
Apiales		
Euphorbiaceae	*Croton sp. L.*	Croton
	Euphorbia hirta L.	Golondrina
	Jatropha dioica Sessé ex Cerv.	Sangre de drago
Malvales		
Cistaceae	*Crocanthemum glomeratum (Lag.) Janch.*	Cenicillo Amarillo
Poales		
Cyperaceae	*Cyperus articulatus L.*	Canutillo
Poaceae	*Aristida sp. L.*	Zacate
	Cenchrus ciliaris L.	Zacate Buffel
	Cenchrus incertus M.A. Curtis	Abrojo
	Cynodon dactylon (L.) Pers.	Zacate bermuda
	Dasyochloa pulchella (Kunth)	Zacate borreguero
	Poa annua L.	Zacate azul
Polypodiales		
Pteridaceae	*Adiantum sp. L.*	Helecho culantrillo
	Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	Doradilla
Rosales		
Rhamnaceae	*Condalia velutina I.M. Johnst.*	Granjero rojo
Rosaceae	*Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch*	Granjeno membrillo
	Purshia plicata (D. Don) Henrickson	Rosa Silvestre
Sapindales		
Burseraceae	*Bursera fagaroides (Kunth) Engl.*	Papelillo, Copal
Sapindaceae	*Dodonaea viscosa Jacq.*	Jarilla
Solanales		
Convolvulaceae	*Dichondra argentea Humb. & Bonpl.*	Oreja de ratón plateado

Figura IV. 26. Riqueza registrada por familias florísticas



Estado de Protección de la flora registrada

Dentro de los recorridos en campo dentro del área del proyecto y en el Sistema Ambiental Regional, no se observaron ejemplares bajo algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Índices de Valor de Importancia para el Área de Proyecto

Tabla IV. 16. Índice de IVI para Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

Vegetacion secundaria Bosque de Encino N=13									
Estrato Arbóreo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	5	1.03	0.00077	1.03	1	4.5	0.0039169	0.39	1.99
Arctostaphylos pungens Kunth	3	0.62	0.00046	0.62	1	4.5	0.0037905	0.38	1.85
Dodonaea viscosa Jacq.	8	1.64	0.00123	1.64	3	13.6	0.0079601	0.80	5.36
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	9	1.85	0.00138	1.85	1	4.5	0.0026534	0.27	2.22
Quercus eduardii Trel.	104	21.36	0.01599	21.36	3	13.6	0.2415373	24.15	19.72
Quercus grisea Liebm.	3	0.62	0.00046	0.62	1	4.5	0.0066162	0.66	1.94
Quercus potosina Trel.	355	72.90	0.05458	72.90	12	54.5	0.7335255	73.35	66.93
Total	487	100	0.075	100	22	100	1.0	100	100
Estrato Arbustivo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	16	2.70	0.00246	2.70	1	3.70	0.012312	1.23	2.55

Vegetacion secundaria Bosque de Encino N=13									
Arctostaphylos pungens Kunth	57	9.63	0.00876	9.63	2	7.41	0.029086	2.91	6.65
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	13	2.20	0.00200	2.20	1	3.70	0.003502	0.35	2.08
Dodonaea viscosa Jacq.	105	17.74	0.01614	17.74	5	18.52	0.586073	58.61	31.62
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	36	6.08	0.00553	6.08	3	11.11	0.043658	4.37	7.19
Opuntia streptacantha Lem.	2	0.34	0.00031	0.34	2	7.41	0.002824	0.28	2.68
Quercus eduardii Trel.	3	0.51	0.00046	0.51	2	7.41	0.001864	0.19	2.70
Quercus potosina Trel.	318	53.72	0.04889	53.72	10	37.04	0.251158	25.12	38.62
Vachellia constricta (Benth.)	42	7.09	0.00646	7.09	1	3.70	0.069524	6.95	5.92
Total	592	100.00	0.09101	100.0	27	100.00	1.00	100.00	100.00
Estrato Herbáceo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	12	1.34	0.00184	0.008	1	1.16	0.0129	1.290	0.82
Arctostaphylos pungens Kunth	49	5.46	0.00753	0.034	4	4.65	0.0640	6.398	3.69
Asclepias linaria Cav.	1	0.11	0.00015	0.001	1	1.16	0.0018	0.175	0.45
Baccharis pteronioides DC.	5	0.56	0.00077	0.003	1	1.16	0.0110	1.096	0.75
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	57	6.35	0.00876	0.040	7	8.14	0.0998	9.981	6.05
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	27	3.01	0.00415	0.019	2	2.33	0.0388	3.877	2.07
Dodonaea viscosa Jacq.	121	13.47	0.01860	0.084	9	10.47	0.1594	15.936	8.83
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	57	6.35	0.00876	0.040	2	2.33	0.0806	8.063	3.48
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	1	0.11	0.00015	0.001	1	1.16	0.0002	0.021	0.39
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	5	0.56	0.00077	0.003	1	1.16	0.0065	0.651	0.61
Jatropha dioica Sessé ex Cerv.	1	0.11	0.00015	0.001	1	1.16	0.0000	0.002	0.39
Lantana camara L.	71	7.91	0.01092	0.049	1	1.16	0.0410	4.097	1.77
Loeselia mexicana (Lam.) Brand	4	0.45	0.00061	0.003	1	1.16	0.0027	0.275	0.48
Mammillaria magnimamma Haw.	1	0.11	0.00015	0.001	1	1.16	0.0001	0.008	0.39
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	2	0.22	0.00031	0.001	1	1.16	0.0000	0.004	0.39
Mimosa aculeaticarpa Ortega	17	1.89	0.00261	0.012	1	1.16	0.0218	2.179	1.12
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	6	0.67	0.00092	0.004	3	3.49	0.0225	2.250	1.91
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	2	0.22	0.00031	0.001	1	1.16	0.0098	0.984	0.72
Opuntia streptacantha Lem.	10	1.11	0.00154	0.007	6	6.98	0.0375	3.753	3.58
Quercus eduardii Trel.	4	0.45	0.00061	0.003	1	1.16	0.0064	0.641	0.60
Quercus potosina Trel.	120	13.36	0.01845	0.083	10	11.63	0.1831	18.307	10.01
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	22	2.45	0.00338	0.015	6	6.98	0.0013	0.130	2.37
Vachellia constricta (Benth.)	16	1.78	0.00246	0.011	1	1.16	0.0230	2.298	1.16
Aristida sp. L.	109	12.14	8.38462	37.818	7	8.14	0.0629	6.287	17.42
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	1	0.11	0.07692	0.347	1	1.16	0.0005	0.053	0.52
Cyperus articulatus L.	12	1.34	0.92308	4.163	1	1.16	0.0076	0.758	2.03
Melinis repens (Willd.) Zizka	136	15.14	10.46154	47.186	11	12.79	0.0848	8.478	22.82
Muhlenbergia pubescens (Kunth) Hitchc.	11	1.22	0.84615	3.817	1	1.16	0.0072	0.723	1.90
Poa annua L.	17	1.89	1.30769	5.898	1	1.16	0.0116	1.156	2.74
Porophyllum linaria (Cav.)	1	0.11	0.07692	0.347	1	1.16	0.0013	0.130	0.55
Total	898	100	22.2	100	86	100	1.00	100	100

Dentro del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica es Quercus potosina Trel. con un valor de IVI de 66.93, seguido de Quercus eduardii Trel., con un valor de IVI de 19.72; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor

importancia es Quercus potosina Trel., con un valor de IVI de 38.62, seguido de Dodonaea viscosa Jacq, con un valor de IVI de 31.62; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son Melinis repens (Willd.) Zizka., de un valor de IVI de 22.82, seguido de Aristida sp. L. con un valor de IVI de 17.42.

Tabla IV. 17. Índice de IVI de Vegetación secundaria arbustiva de Pastizal Natural

Vegetacion secundaria Pastizal Natural N=27									
Estrato Arbóreo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	10	1.61	0.00074	1.61	5	6.5	0.03493	3.49	3.87
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	1	0.16	0.00007	0.16	1	1.3	0.00034	0.03	0.50
Arctostaphylos pungens Kunth	1	0.16	0.00007	0.16	1	1.3	0.00183	0.18	0.55
Condalia velutina I.M. Johnst.	2	0.32	0.00015	0.32	2	2.6	0.00067	0.07	1.00
Dodonaea viscosa Jacq.	295	47.50	0.02184	47.50	16	20.8	0.21110	21.11	29.80
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	249	40.10	0.01843	40.10	20	26.0	0.36974	36.97	34.35
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	26	4.19	0.00192	4.19	13	16.9	0.07301	7.30	9.46
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	9	1.45	0.00067	1.45	3	3.9	0.11716	11.72	5.69
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	9	1.45	0.00067	1.45	4	5.2	0.06395	6.40	4.35
Opuntia streptacantha Lem.	7	1.13	0.00052	1.13	5	6.5	0.04643	4.64	4.09
Quercus potosina Trel.	7	1.13	0.00052	1.13	3	3.9	0.04995	4.99	3.34
Vachellia constricta (Benth.)	5	0.81	0.00037	0.81	4	5.2	0.03089	3.09	3.03
Total	621	100	0.046	100	77	100	1.0	100	100
Estrato Arbustivo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	59	1.50	0.00437	1.50	11	6.75	0.0441	4.41	4.22
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	6	0.15	0.00044	0.15	4	2.45	0.0023	0.23	0.95
Baccharis pteronioides DC.	13	0.33	0.00096	0.33	2	1.23	0.0366	3.66	1.74
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	2	0.05	0.00015	0.05	2	1.23	0.0006	0.06	0.45
Brickellia secundiflora (Lag.) A. Gray	20	0.51	0.00148	0.51	4	2.45	0.0470	4.70	2.55
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	10	0.25	0.00074	0.25	3	1.84	0.0010	0.10	0.73
Condalia velutina I.M. Johnst.	29	0.74	0.00215	0.74	9	5.52	0.0035	0.35	2.20
Dodonaea viscosa Jacq.	1844	46.79	0.13650	46.79	19	11.66	0.2324	23.24	27.23
Eupatorium glabratum Kunth	14	0.36	0.00104	0.36	2	1.23	0.0003	0.03	0.54
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	580	14.72	0.04293	14.72	25	15.34	0.1731	17.31	15.79
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	82	2.08	0.00607	2.08	20	12.27	0.0458	4.58	6.31
Gymnosperma glutinosum (Spreng.)	5	0.13	0.00037	0.13	1	0.61	0.0003	0.03	0.26
Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton	51	1.29	0.00378	1.29	1	0.61	0.0013	0.13	0.68
Mimosa aculeaticarpa Ortega	1114	28.27	0.08246	28.27	21	12.88	0.1417	14.17	18.44
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	2	0.05	0.00015	0.05	2	1.23	0.0130	1.30	0.86
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	44	1.12	0.00326	1.12	10	6.13	0.0843	8.43	5.23
Opuntia streptacantha Lem.	52	1.32	0.00385	1.32	18	11.04	0.1107	11.07	7.81

Vegetacion secundaria Pastizal Natural N=27									
Quercus eduardii Trel.	1	0.03	0.00007	0.03	1	0.61	0.0030	0.30	0.31
Quercus potosina Trel.	1	0.03	0.00007	0.03	1	0.61	0.0000	0.00	0.21
Vachellia constricta (Benth.)	12	0.30	0.00089	0.30	7	4.29	0.0589	5.89	3.50
Total	3941	100.00	0.29172	100.0	163	100.00	1.00	100.00	100.00
Estrato Herbáceo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	27	0.30	0.00200	0.006	9	2.53	0.0028	0.280	0.94
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	4	0.04	0.00030	0.001	3	0.84	0.0012	0.121	0.32
Asclepias linaria Cav.	68	0.74	0.00503	0.014	15	4.21	0.0047	0.466	1.56
Baccharis pteronioides DC.	99	1.08	0.00733	0.021	6	1.69	0.0114	1.136	0.95
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	11	0.12	0.00081	0.002	4	1.12	0.0016	0.163	0.43
Brickellia secundiflora (Lag.) A. Gray	17	0.19	0.00126	0.004	6	1.69	0.0016	0.159	0.62
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	35	0.38	0.00259	0.007	9	2.53	0.0040	0.396	0.98
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	5	0.05	0.00037	0.001	4	1.12	0.0006	0.061	0.40
Castilleja tenuiflora Benth.	10	0.11	0.00074	0.002	1	0.28	0.0007	0.073	0.12
Condalia velutina I.M. Johnst.	2	0.02	0.00015	0.000	2	0.56	0.0005	0.046	0.20
Coryphantha radians	10	0.11	0.00074	0.002	8	2.25	0.0009	0.086	0.78
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	2134	23.36	0.15796	0.453	20	5.62	0.2493	24.931	10.33
Dodonaea viscosa Jacq.	1787	19.56	0.13228	0.379	21	5.90	0.2040	20.398	8.89
Eupatorium glabratum Kunth	21	0.23	0.00155	0.004	3	0.84	0.0030	0.302	0.38
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	924	10.11	0.06840	0.196	22	6.18	0.1091	10.911	5.76
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	6	0.07	0.00044	0.001	6	1.69	0.0001	0.009	0.57
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	67	0.73	0.00496	0.014	14	3.93	0.0075	0.747	1.56
Gymnosperma glutinosum (Spreng.)	494	5.41	0.03657	0.105	5	1.40	0.0575	5.751	2.42
Lantana camara L.	437	4.78	0.03235	0.093	18	5.06	0.0246	2.460	2.54
Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton	107	1.17	0.00792	0.023	4	1.12	0.0115	1.151	0.77
Mammillaria jaliscana (Britton & Rose) Boed.	1	0.01	0.00007	0.000	1	0.28	0.0000	0.000	0.09
Mammillaria magnimamma Haw.	22	0.24	0.00163	0.005	7	1.97	0.0002	0.016	0.66
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	1	0.01	0.00007	0.000	1	0.28	0.0001	0.011	0.10
Mimosa aculeaticarpa Ortega	1573	17.22	0.11644	0.334	26	7.30	0.1850	18.495	8.71
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	14	0.15	0.00104	0.003	4	1.12	0.0055	0.552	0.56
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	26	0.28	0.00192	0.006	10	2.81	0.0085	0.853	1.22
Opuntia streptacantha Lem.	78	0.85	0.00577	0.017	15	4.21	0.0315	3.149	2.46
Purshia plicata (D. Don) Henrickson	4	0.04	0.00030	0.001	3	0.84	0.0010	0.101	0.31
Quercus eduardii Trel.	6	0.07	0.00044	0.001	1	0.28	0.0008	0.084	0.12
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	77	0.84	0.00570	0.016	19	5.34	0.0017	0.170	1.84
Vachellia constricta (Benth.)	26	0.28	0.00192	0.006	6	1.69	0.0036	0.359	0.68
Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.	116	1.27	0.00859	0.025	3	0.84	0.0139	1.392	0.75
Aristida sp. L.	105	1.15	3.88889	11.142	9	2.53	0.0068	0.676	4.78
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	2	0.02	0.07407	0.212	2	0.56	0.0003	0.033	0.27
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	19	0.21	0.70370	2.016	3	0.84	0.0012	0.117	0.99
Cenchrus ciliaris L.	68	0.74	2.51852	7.216	4	1.12	0.0035	0.354	2.90
Cenchrus incertus M.A. Curtis	4	0.04	0.14815	0.424	2	0.56	0.0003	0.029	0.34

Vegetacion secundaria Pastizal Natural N=27									
Cynodon dactylon (L.) Pers.	8	0.09	0.29630	0.849	1	0.28	0.0003	0.028	0.39
Dasyochloa pulchella (Kunth)	2	0.02	0.07407	0.212	1	0.28	0.0002	0.017	0.17
Dichondra argentea Humb. & Bonpl.	106	1.16	3.92593	11.248	8	2.25	0.0056	0.558	4.68
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	49	0.54	1.81481	5.199	6	1.69	0.0029	0.295	2.39
Eryngium heterophyllum Engelm.	8	0.09	0.29630	0.849	3	0.84	0.0004	0.036	0.58
Euphorbia hirta L.	16	0.18	0.59259	1.698	3	0.84	0.0009	0.087	0.88
Hoffmannseggia glauca (Ortega)	11	0.12	0.40741	1.167	1	0.28	0.0005	0.047	0.50
Melinis repens (Willd.) Zizka	409	4.48	15.14815	43.400	23	6.46	0.0218	2.180	17.35
Poa annua L.	45	0.49	1.66667	4.775	4	1.12	0.0026	0.255	2.05
Porophyllum linaria (Cav.)	18	0.20	0.66667	1.910	5	1.40	0.0012	0.121	1.15
Tagetes lunulata Ortega	56	0.61	2.07407	5.942	5	1.40	0.0034	0.338	2.56
Total	9135	100	34.9	100	356	100	1.00	100	100

Dentro del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica es *Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.* con un valor de IVI de 34.35, seguido de *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 29.80; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor importancia es *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 27.23, seguido de *Mimosa aculeaticarpa Ortega* con un valor de IVI de 18.44; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son *Melinis repens (Willd.) Zizka.* de un valor de IVI de 17.35, seguido de *Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.* con un valor de IVI de 10.33.

Índices de Valor de Importancia para el Sistema Ambiental Regional

Tabla IV. 18. Índice de IVI para Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

Vegetacion secundaria Bosque de Encino N=8									
Estrato Arbóreo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Arctostaphylos pungens Kunth	48	9.43	0.0120	9.43	4	14.8	0.0129221	1.29	8.51
Comarostaphylis glaucescens (Kunth)	9	1.77	0.0022	1.77	5	18.5	0.0211117	2.11	7.47
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	2	0.39	0.0005	0.39	1	3.7	0.0078587	0.79	1.63
Quercus eduardii Trel.	221	43.42	0.0552	43.42	8	29.6	0.4229581	42.30	38.45
Quercus grisea Liebm.	1	0.20	0.0002	0.20	1	3.7	0.0070618	0.71	1.54
Quercus potosina Trel.	228	44.79	0.0570	44.79	8	29.6	0.5280877	52.81	42.41
Total	509	100	0.127	100	27	100	1.0	100	100
Estrato Arbustivo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Arctostaphylos pungens Kunth	193	37.70	0.0482	37.70	8	22.22	0.324038	32.40	30.77
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	143	27.93	0.0357	27.93	7	19.44	0.185699	18.57	21.98
Comarostaphylis glaucescens (Kunth)	13	2.54	0.0032	2.54	5	13.89	0.143636	14.36	10.26
Dodonaea viscosa Jacq.	21	4.10	0.0052	4.10	2	5.56	0.011528	1.15	3.60
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	1	0.20	0.0002	0.20	1	2.78	0.000623	0.06	1.01
Mimosa aculeaticarpa Ortega	11	2.15	0.0027	2.15	1	2.78	0.003583	0.36	1.76

Vegetacion secundaria Bosque de Encino N=8									
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	1	0.20	0.0002	0.20	1	2.78	0.001402	0.14	1.04
Quercus eduardii Trel.	44	8.59	0.0110	8.59	6	16.67	0.119489	11.95	12.40
Quercus potosina Trel.	85	16.60	0.0212	16.60	5	13.89	0.210002	21.00	17.16
Total	512	100.00	0.128	100.0	36	100.00	1.00	100.00	100.00
Estrato Herbáceo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Arctostaphylos pungens Kunth	166	20.00	0.0415	0.477	8	15.38	0.1922	19.220	11.69
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	288	34.70	0.0719	0.828	7	13.46	0.3134	31.341	15.21
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	99	11.93	0.0247	0.285	4	7.69	0.1037	10.369	6.12
Comarostaphylis glaucescens (Kunth)	5	0.60	0.0012	0.014	3	5.77	0.0081	0.806	2.20
Croton sp. L.	8	0.96	0.0020	0.023	1	1.92	0.0097	0.966	0.97
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	1	0.12	0.0002	0.003	1	1.92	0.0013	0.131	0.69
Dodonaea viscosa Jacq.	69	8.31	0.0172	0.198	3	5.77	0.0870	8.699	4.89
Mimosa aculeaticarpa Ortega	10	1.20	0.0025	0.029	1	1.92	0.0132	1.322	1.09
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	16	1.93	0.0040	0.046	4	7.69	0.0502	5.017	4.25
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	11	1.33	0.0027	0.032	1	1.92	0.0380	3.798	1.92
Opuntia streptacantha Lem.	19	2.29	0.0047	0.055	2	3.85	0.0718	7.184	3.69
Quercus eduardii Trel.	37	4.46	0.0092	0.106	2	3.85	0.0477	4.772	2.91
Quercus potosina Trel.	28	3.37	0.0070	0.080	5	9.62	0.0264	2.638	4.11
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	5	0.60	0.0012	0.014	1	1.92	0.0024	0.237	0.72
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	5	0.60	0.6250	7.192	2	3.85	0.0027	0.275	3.77
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	8	0.96	1.0000	11.507	1	1.92	0.0036	0.360	4.60
Cenchrus incertus M.A. Curtis	4	0.48	0.5000	5.753	1	1.92	0.0023	0.225	2.63
Crocanthemum glomeratum (Lag.) Janch.	6	0.72	0.7500	8.630	1	1.92	0.0044	0.436	3.66
Melinis repens (Willd.) Zizka	45	5.42	5.6250	64.727	4	7.69	0.0220	2.204	24.87
Total	830	100	8.690	100	52	100	1.00	100	100

Dentro del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica es *Quercus potosina Trel.* con un valor de IVI de 42.41, seguido de *Quercus eduardii Trel.* con un valor de IVI de 38.45; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor importancia es *Arctostaphylos pungens Kunth* con un valor de IVI de 30.77, seguido de *Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.).* con un valor de IVI de 21.98; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son *Melinis repens (Willd.) Zizka.* de un valor de IVI de 24.87, seguido de *Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.).* con un valor de IVI de 15.21.

Tabla IV. 19. Índice de IVI de Vegetación secundaria arbustiva de Pastizal Natural

Vegetacion secundaria Pastisal Natural N=16									
Estrato Arbóreo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	4	0.53	0.00050	0.53	4	7.3	0.02094	2.09	3.30
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	1	0.13	0.00012	0.13	1	1.8	0.00764	0.76	0.90
Buddleja cordata Kunth	2	0.26	0.00025	0.26	2	3.6	0.00109	0.11	1.34
Condalia velutina I.M. Johnst.	34	4.47	0.00425	4.47	6	10.9	0.02383	2.38	5.92
Dodonaea viscosa Jacq.	361	47.50	0.04509	47.50	14	25.5	0.21330	21.33	31.43
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	283	37.24	0.03535	37.24	15	27.3	0.26961	26.96	30.49
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	13	1.71	0.00162	1.71	4	7.3	0.02760	2.76	3.91
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	14	1.84	0.00175	1.84	2	3.6	0.09314	9.31	4.93
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	6	0.79	0.00075	0.79	1	1.8	0.07498	7.50	3.37
Opuntia streptacantha Lem.	31	4.08	0.00387	4.08	3	5.5	0.23316	23.32	10.95
Quercus potosina Trel.	3	0.39	0.00037	0.39	1	1.8	0.01578	1.58	1.26
Vachellia constricta (Benth.)	8	1.05	0.00100	1.05	2	3.6	0.01894	1.89	2.19

Vegetacion secundaria Pastisal Natural N=16									
Total	760	100	0.095	100	55	100	1.0	100	100
Estrato Arbustivo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	10	0.52	0.00125	0.52	4	4.49	0.0053	0.53	1.85
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	1	0.05	0.00012	0.05	1	1.12	0.0014	0.14	0.44
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	69	3.59	0.00862	3.59	4	4.49	0.0204	2.04	3.38
Buddleja cordata Kunth	3	0.16	0.00037	0.16	1	1.12	0.0003	0.03	0.44
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	4	0.21	0.00050	0.21	3	3.37	0.0017	0.17	1.25
Condalia velutina I.M. Johnst.	9	0.47	0.00112	0.47	4	4.49	0.0030	0.30	1.75
Croton sp. L.	14	0.73	0.00175	0.73	1	1.12	0.0016	0.16	0.67
Dodonaea viscosa Jacq.	973	50.65	0.12154	50.65	16	17.98	0.2517	25.17	31.27
Eupatorium glabratum Kunth	15	0.78	0.00187	0.78	3	3.37	0.0075	0.75	1.63
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	334	17.39	0.04172	17.39	16	17.98	0.1739	17.39	17.59
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	18	0.94	0.00225	0.94	7	7.87	0.0284	2.84	3.88
Mimosa aculeaticarpa Ortega	392	20.41	0.04897	20.41	12	13.48	0.1830	18.30	17.40
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	2	0.10	0.00025	0.10	1	1.12	0.0001	0.01	0.41
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	7	0.36	0.00087	0.36	2	2.25	0.0370	3.70	2.10
Opuntia streptacantha Lem.	43	2.24	0.00537	2.24	6	6.74	0.2676	26.76	11.91
Quercus potosina Trel.	1	0.05	0.00012	0.05	1	1.12	0.0027	0.27	0.48
Vachellia constricta (Benth.)	26	1.35	0.00325	1.35	7	7.87	0.0144	1.44	3.55
Total	1921	100.00	0.23996	100.0	89	100.00	1.00	100.00	100.00
Estrato Herbáceo									
Especie	A	A R	D	D r	F	F r	Dom	Dom r	VI
Acacia farnesiana (L.) Willd.	18	0.63	0.00225	0.007	3	1.59	0.0061	0.615	0.74
Asclepias linaria Cav.	25	0.88	0.00312	0.010	5	2.65	0.0079	0.791	1.15
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	105	3.68	0.01312	0.041	6	3.17	0.0409	4.090	2.44
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	4	0.14	0.00050	0.002	3	1.59	0.0003	0.031	0.54
Buddleja cordata Kunth	1	0.04	0.00012	0.000	1	0.53	0.0007	0.075	0.20
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	9	0.32	0.00112	0.004	5	2.65	0.0012	0.118	0.92
Condalia velutina I.M. Johnst.	11	0.39	0.00137	0.004	5	2.65	0.0048	0.484	1.04
Coryphantha radians	3	0.11	0.00037	0.001	3	1.59	0.0004	0.043	0.54
Croton sp. L.	17	0.60	0.00212	0.007	2	1.06	0.0069	0.686	0.58
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	30	1.05	0.00375	0.012	7	3.70	0.0079	0.786	1.50
Dalea lutea (Cav.) Willd.	3	0.11	0.00037	0.001	1	0.53	0.0008	0.080	0.20
Dodonaea viscosa Jacq.	489	17.14	0.06108	0.192	16	8.47	0.1892	18.923	9.19
Eupatorium glabratum Kunth	15	0.53	0.00187	0.006	3	1.59	0.0075	0.746	0.78
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	380	13.32	0.04747	0.149	16	8.47	0.1578	15.779	8.13
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	1	0.04	0.00012	0.000	1	0.53	0.0000	0.000	0.18
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	11	0.39	0.00137	0.004	5	2.65	0.0020	0.201	0.95
Lantana camara L.	436	15.28	0.05446	0.171	12	6.35	0.0782	7.821	4.78
Loeselia mexicana (Lam.) Brand	12	0.42	0.00150	0.005	2	1.06	0.0017	0.174	0.41
Mammillaria jaliscana (Britton & Rose) Boed.	1	0.04	0.00012	0.000	1	0.53	0.0000	0.001	0.18
Mammillaria magnimamma Haw.	6	0.21	0.00075	0.002	4	2.12	0.0024	0.241	0.79
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	3	0.11	0.00037	0.001	3	1.59	0.0003	0.026	0.54
Mimosa aculeaticarpa Ortega	555	19.45	0.06933	0.218	10	5.29	0.2332	23.321	9.61
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	7	0.25	0.00087	0.003	3	1.59	0.0083	0.829	0.81
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	20	0.70	0.00250	0.008	6	3.17	0.0197	1.969	1.72
Opuntia streptacantha Lem.	55	1.93	0.00687	0.022	11	5.82	0.0685	6.852	4.23
Purshia plicata (D. Don) Henrickson	89	3.12	0.01112	0.035	2	1.06	0.0370	3.699	1.60
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	14	0.49	0.00175	0.005	6	3.17	0.0016	0.156	1.11
Vachellia constricta (Benth.)	19	0.67	0.00237	0.007	7	3.70	0.0091	0.915	1.54
Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.	9	0.32	0.00112	0.004	3	1.59	0.0032	0.323	0.64
Adiantum sp. L.	1	0.04	0.06250	0.196	1	0.53	0.0000	0.004	0.24
Aristida sp. L.	39	1.37	2.43750	7.652	3	1.59	0.0075	0.753	3.33
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	120	4.21	7.50000	23.544	3	1.59	0.0328	3.277	9.47
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	4	0.14	0.25000	0.785	1	0.53	0.0004	0.043	0.45
Cenchrus incertus M.A. Curtis	6	0.21	0.37500	1.177	1	0.53	0.0008	0.080	0.60
Cynodon dactylon (L.) Pers.	2	0.07	0.12500	0.392	1	0.53	0.0017	0.173	0.36
Dichondra argentea Humb. & Bonpl.	8	0.28	0.50000	1.570	2	1.06	0.0015	0.147	0.93
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	30	1.05	1.87500	5.886	4	2.12	0.0049	0.489	2.83
Euphorbia hirta L.	23	0.81	1.43750	4.513	2	1.06	0.0041	0.408	1.99
Gomphrena serrata L.	11	0.39	0.68750	2.158	3	1.59	0.0021	0.213	1.32

Vegetacion secundaria Pastisal Natural N=16									
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.	1	0.04	0.06250	0.196	1	0.53	0.0000	0.005	0.24
Melinis repens (Willd.) Zizka	234	8.20	14.62500	45.910	11	5.82	0.0410	4.101	18.61
Poa annua L.	21	0.74	1.31250	4.120	2	1.06	0.0041	0.412	1.86
Porophyllum linaria (Cav.)	1	0.04	0.06250	0.196	1	0.53	0.0008	0.083	0.27
Tagetes lunulata Ortega	4	0.14	0.25000	0.785	1	0.53	0.0004	0.035	0.45
Total	2853	100	31.9	100	189	100	1.00	100	100

Dentro del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica es *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 31.43, seguido de *Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.* con un valor de IVI de 30.49; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor importancia es *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 31.27, seguido de *Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.* con un valor de IVI de 17.59; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son *Melinis repens (Willd.) Zizka.* de un valor de IVI de 18.61, seguido de *Mimosa aculeaticarpa Ortega.* con un valor de IVI de 9.61.

Índices de Diversidad para el área del proyecto y el SAR

Tabla IV. 20. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/BQ en CUSTF

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Acacia farnesiana (L.) Willd.	33		0.0167	-4.0928	-0.0683		
Arctostaphylos pungens Kunth	109		0.0551	-2.8980	-0.1598		
Aristida sp. L.	109		0.0551	-2.8980	-0.1598		
Asclepias linaria Cav.	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Baccharis pteronioides DC.	5		0.0025	-5.9799	-0.0151		
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	70		0.0354	-3.3408	-0.1183		
Cyperus articulatus L.	12		0.0061	-5.1044	-0.0310		
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	27		0.0137	-4.2935	-0.0586		
Dodonaea viscosa Jacq.	234		0.1184	-2.1340	-0.2526		
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	102		0.0516	-2.9644	-0.1529		
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	5		0.0025	-5.9799	-0.0151		
Jatropha dioica Sessé ex Cerv.	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Lantana camara L.	71	31	0.0359	-3.3267	-0.1195	2.24	0.65
Loeselia mexicana (Lam.) Brand	4		0.0020	-6.2030	-0.0126		
Mammillaria magnimamma Haw.	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	2		0.0010	-6.8962	-0.0070		
Melinis repens (Willd.) Zizka	136		0.0688	-2.6767	-0.1841		
Mimosa aculeaticarpa Ortega	17		0.0086	-4.7561	-0.0409		
Muhlenbergia pubescens (Kunth) Hitchc.	11		0.0056	-5.1914	-0.0289		
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	6		0.0030	-5.7976	-0.0176		
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	2		0.0010	-6.8962	-0.0070		
Opuntia streptacantha Lem.	12		0.0061	-5.1044	-0.0310		
Poa annua L.	17		0.0086	-4.7561	-0.0409		
Porophyllum linaria (Cav.)	1		0.0005	-7.5893	-0.0038		
Quercus eduardii Trel.	111		0.0561	-2.8798	-0.1617		
Quercus grisea Liebm.	3		0.0015	-6.4907	-0.0098		
Quercus potosina Trel.	793		0.4011	-0.9135	-0.3664		
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	22		0.0111	-4.4983	-0.0501		
Vachellia constricta (Benth.)	58		0.0293	-3.5289	-0.1035		
	1977		1	H´calculada	2.2355		

Tabla IV. 21. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/PN en CUSTF

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Acacia farnesiana (L.) Willd.	96	50	0.0070	-4.9606	-0.0348	2.27	0.58
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	11		0.0008	-7.1270	-0.0057		
Arctostaphylos pungens Kunth	1		0.0001	-9.5249	-0.0007		
Aristida sp. L.	105		0.0077	-4.8710	-0.0373		
Asclepias linaria Cav.	68		0.0050	-5.3054	-0.0263		
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	2		0.0001	-8.8318	-0.0013		
Baccharis pteronioides DC.	112		0.0082	-4.8064	-0.0393		
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	13		0.0009	-6.9600	-0.0066		
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	19		0.0014	-6.5805	-0.0091		
Brickellia secundiflora (Lag.) A. Gray	37		0.0027	-5.9140	-0.0160		
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	35		0.0026	-5.9696	-0.0153		
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	15		0.0011	-6.8169	-0.0075		
Castilleja tenuiflora Benth.	10		0.0007	-7.2223	-0.0053		
Cenchrus ciliaris L.	68		0.0050	-5.3054	-0.0263		
Cenchrus incertus M.A. Curtis	4		0.0003	-8.1386	-0.0024		
Condalia velutina I.M. Johnst.	33		0.0024	-6.0284	-0.0145		
Coryphantha radians	10		0.0007	-7.2223	-0.0053		
Cynodon dactylon (L.) Pers.	8		0.0006	-7.4455	-0.0043		
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	2134		0.1558	-1.8592	-0.2897		
Dasyochloa pulchella (Kunth)	2		0.0001	-8.8318	-0.0013		
Dichondra argentea Humb. & Bonpl.	106		0.0077	-4.8615	-0.0376		
Dodonaea viscosa Jacq.	3926		0.2866	-1.2496	-0.3582		
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	49		0.0036	-5.6331	-0.0202		
Eryngium heterophyllum Engelm.	8		0.0006	-7.4455	-0.0043		
Eupatorium glabratum Kunth	35		0.0026	-5.9696	-0.0153		
Euphorbia hirta L.	16		0.0012	-6.7523	-0.0079		
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	1753		0.1280	-2.0558	-0.2631		
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	6		0.0004	-7.7332	-0.0034		
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	175		0.0128	-4.3601	-0.0557		
Gymnosperma glutinosum (Spreng.)	499		0.0364	-3.3123	-0.1207		
Hoffmannseggia glauca (Ortega)	11		0.0008	-7.1270	-0.0057		
Lantana camara L.	437		0.0319	-3.4450	-0.1099		
Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton	158		0.0115	-4.4623	-0.0515		
Mammillaria jaliscana (Britton & Rose) Boed.	1		0.0001	-9.5249	-0.0007		
Mammillaria magnimamma Haw.	22		0.0016	-6.4339	-0.0103		
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	1		0.0001	-9.5249	-0.0007		
Melinis repens (Willd.) Zizka	409		0.0299	-3.5112	-0.1048		
Mimosa aculeaticarpa Ortega	2687		0.1962	-1.6288	-0.3195		
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	25		0.0018	-6.3061	-0.0115		
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	79		0.0058	-5.1555	-0.0297		
Opuntia streptacantha Lem.	137		0.0100	-4.6050	-0.0461		
Poa annua L.	45		0.0033	-5.7183	-0.0188		
Porophyllum linaria (Cav.)	18		0.0013	-6.6346	-0.0087		
Purshia plicata (D. Don) Henrickson	4		0.0003	-8.1386	-0.0024		
Quercus eduardii Trel.	7		0.0005	-7.5790	-0.0039		
Quercus potosina Trel.	8		0.0006	-7.4455	-0.0043		
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	77		0.0056	-5.1811	-0.0291		
Tagetes lunulata Ortega	56		0.0041	-5.4996	-0.0225		

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Vachellia constricta (Benth.)	43		0.0031	-5.7637	-0.0181		
Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.	116		0.0085	-4.7713	-0.0404		
	13697		1	H´calculada	2.2740		

Tabla IV. 22. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/BQ en el SAR

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Arctostaphylos pungens Kunth	407	21	0.2199	-1.5147	-0.3330	2.03	0.67
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	5		0.0027	-5.9140	-0.0160		
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	431		0.2328	-1.4574	-0.3393		
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	8		0.0043	-5.4440	-0.0235		
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	99		0.0535	-2.9284	-0.1566		
Cenchrus incertus M.A. Curtis	4		0.0022	-6.1372	-0.0133		
Comarostaphylis glaucescens (Kunth)	27		0.0146	-4.2276	-0.0617		
Crocanthemum glomeratum (Lag.) Janch.	6		0.0032	-5.7317	-0.0186		
Croton sp. L.	8		0.0043	-5.4440	-0.0235		
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	1		0.0005	-7.5235	-0.0041		
Dodonaea viscosa Jacq.	90		0.0486	-3.0237	-0.1470		
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	1		0.0005	-7.5235	-0.0041		
Melinis repens (Willd.) Zizka	45		0.0243	-3.7168	-0.0904		
Mimosa aculeaticarpa Ortega	21		0.0113	-4.4790	-0.0508		
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	18		0.0097	-4.6331	-0.0451		
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	12		0.0065	-5.0386	-0.0327		
Opuntia streptacantha Lem.	19		0.0103	-4.5790	-0.0470		
Quercus eduardii Trel.	302		0.1632	-1.8131	-0.2958		
Quercus grisea Liebm.	1		0.0005	-7.5235	-0.0041		
Quercus potosina Trel.	341		0.1842	-1.6916	-0.3116		
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	5		0.0027	-5.9140	-0.0160		
	1851		1	H´calculada	2.0341		

Tabla IV. 23. Tabla Resumen Índices de Diversidad, Riqueza y Abundancia para Vs/PN en el SAR

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Acacia farnesiana (L.) Willd.	32	46	0.0058	-5.1529	-0.0298	2.23	0.58
Adiantum sp. L.	1		0.0002	-8.6187	-0.0016		
Amelanchier denticulata (Kunth) K. Koch	2		0.0004	-7.9255	-0.0029		
Aristida sp. L.	39		0.0070	-4.9551	-0.0349		
Asclepias linaria Cav.	25		0.0045	-5.3998	-0.0244		
Astrolepis sinuata (Lag. ex Sw.)	120		0.0217	-3.8312	-0.0831		
Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.)	174		0.0314	-3.4596	-0.1088		
Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.	4		0.0007	-7.2324	-0.0052		
Brickellia veronicifolia (Kunth) A. Gray	4		0.0007	-7.2324	-0.0052		
Buddleja cordata Kunth	6		0.0011	-6.8269	-0.0074		
Bursera fagaroides (Kunth) Engl.	13		0.0023	-6.0537	-0.0142		
Cenchrus incertus M.A. Curtis	6		0.0011	-6.8269	-0.0074		
Condalia velutina I.M. Johnst.	54		0.0098	-4.6297	-0.0452		
Coryphantha radians	3		0.0005	-7.5201	-0.0041		
Croton sp. L.	31		0.0056	-5.1847	-0.0290		
Cynodon dactylon (L.) Pers.	2		0.0004	-7.9255	-0.0029		

Nombre científico	No. de Individuos	Riqueza	Abundancia Relativa	ln(Pi)	índice Shannon	índice Shannon	índice de Pielou
Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.	30		0.0054	-5.2175	-0.0283		
Dalea lutea (Cav.) Willd.	3		0.0005	-7.5201	-0.0041		
Dichondra argentea Humb. & Bonpl.	8		0.0014	-6.5392	-0.0095		
Dodonaea viscosa Jacq.	1823		0.3294	-1.1104	-0.3658		
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	30		0.0054	-5.2175	-0.0283		
Eupatorium glabratum Kunth	30		0.0054	-5.2175	-0.0283		
Euphorbia hirta L.	23		0.0042	-5.4832	-0.0228		
Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.	997		0.1802	-1.7139	-0.3088		
Ferocactus latispinus (Haw.) Britton & Rose	1		0.0002	-8.6187	-0.0016		
Forestiera phillyreoides (Benth.) Torr.	42		0.0076	-4.8810	-0.0370		
Gomphrena serrata L.	11		0.0020	-6.2208	-0.0124		
Lantana camara L.	436		0.0788	-2.5410	-0.2002		
Loeselia mexicana (Lam.) Brand	12		0.0022	-6.1338	-0.0133		
Mammillaria jaliscana (Britton & Rose) Boed.	1		0.0002	-8.6187	-0.0016		
Mammillaria magnimamma Haw.	6		0.0011	-6.8269	-0.0074		
Mammillaria uncinata Zucc. ex Pfeiff.	3		0.0005	-7.5201	-0.0041		
Melampodium divaricatum (Rich.) DC.	1		0.0002	-8.6187	-0.0016		
Melinis repens (Willd.) Zizka	234		0.0423	-3.1633	-0.1338		
Mimosa aculeaticarpa Ortega	947		0.1711	-1.7654	-0.3021		
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	23		0.0042	-5.4832	-0.0228		
Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.	33		0.0060	-5.1222	-0.0305		
Opuntia streptacantha Lem.	129		0.0233	-3.7589	-0.0876		
Poa annua L.	21		0.0038	-5.5741	-0.0212		
Porophyllum linaria (Cav.)	1		0.0002	-8.6187	-0.0016		
Purshia plicata (D. Don) Henrickson	89		0.0161	-4.1300	-0.0664		
Quercus potosina Trel.	4		0.0007	-7.2324	-0.0052		
Stenocactus dichroacanthus (Mart.)	14		0.0025	-5.9796	-0.0151		
Tagetes lunulata Ortega	4		0.0007	-7.2324	-0.0052		
Vachellia constricta (Benth.)	53		0.0096	-4.6484	-0.0445		
Zaluzania augusta (Lag.) Sch. Bip.	9		0.0016	-6.4214	-0.0104		
	5534		1	H´calculada	2.2273		

Tabla IV. 24. Resumen diversidad áreas de cambio y uso de suelo y Sistema Ambiental Regional.

Estación	Tipo de vegetación	Riqueza (S)	Shannon	Pielou
CUSTF	**VsBQ**	31	2.24	0.65
	VsPN	50	2.27	0.58
SAR	**VsBQ**	21	2.03	0.67
	VsPN	46	2.23	0.58

Figura IV. 27. Diversidad obtenida por zona de muestreo

Al hacer la comparación en riqueza y diversidad obtenidas dentro del área del proyecto contra la que presenta nuestro Sistema Ambiental Regional, podemos concluir que a pesar de que la riqueza es ligeramente mayor, dentro de las áreas de cambio uso de suelo la composición florística de las especies más representativas se mantiene sin presentar diferencias significativas; por otra parte los valores que se presentan con respecto a la diversidad podrían considerarse de valor bajo en donde los valores de dominancia nos indica que la estructura en cuanto a las especies se encuentran dominadas por solo algunas especies que conforman los estratos arbóreo y arbustivo, tal es el caso de *Dodonaea viscosa, Mimosa aculeaticarpa y Melinis repens* lo cual es congruente con los tipos de vegetación descrita y presente tanto en el área del proyecto como en el Sistema Ambiental Regional, al analizar el estrato menor podemos concluir que existe una presente regeneración de los estratos, sobre todo en las áreas que presentan estructuras secundarias, a pesar de ello existen una amplia presencia de especies indicadoras de zonas perturbadas como lo es *Melinis repens y Dodonaea viscosa*. De esta manera podemos concluir que el proyecto, no representara

un impacto negativo en la zona, ya que el tipo las áreas a afectar resultan en su mayoría áreas previamente afectadas y algunas de ellas son utilizadas actualmente como agostaderos, además representan el 2.88% y 6.79% de la vegetación forestal presente en nuestra cuenca bajo estudio, que, si bien estos ecosistemas presentan algún grado de perturbación por la acción humana, también presentan indicios de regeneración en sus coberturas.

4.2.5.2. Composición de las comunidades de fauna presentes en el Área del Proyecto y el SAR

Trabajos en Campo.

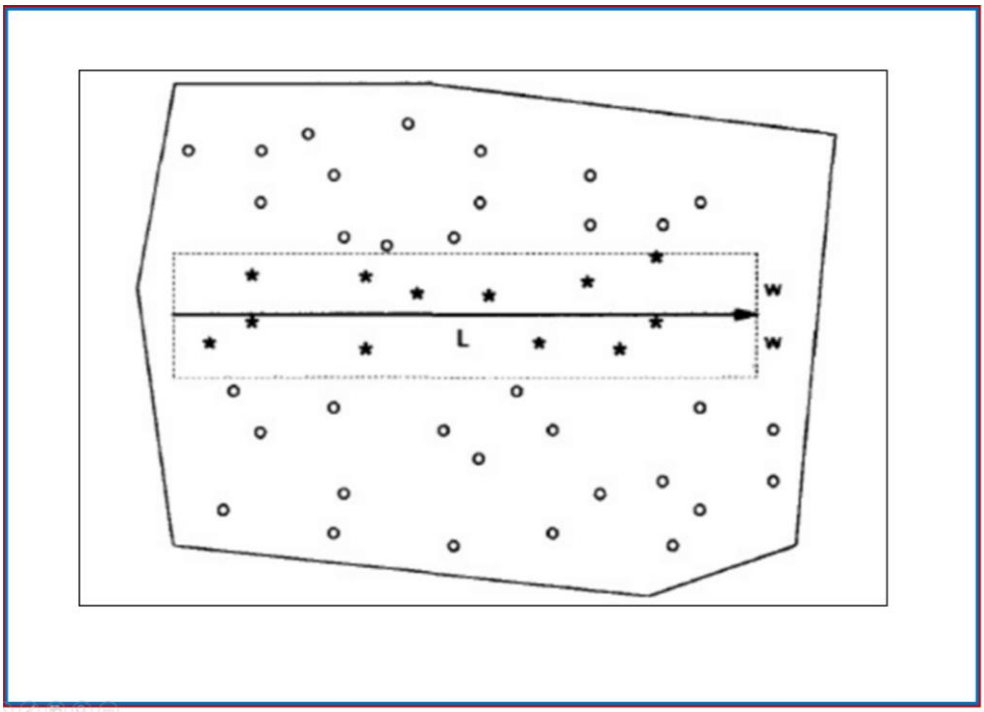
La determinación de la fauna terrestre y voladora (Aves, Reptiles, Anfibios y Mamíferos) presentes en el área de estudio, se realizó en función del grupo faunístico, sin embargo, la actividad principal a realizar fue el transecto en franja, en la cual se obtuvieron registros directos de las especies tal como la observación directa o visual (anfibios, reptiles, aves, y mamíferos) y la auditiva (para el caso de aves y algunos mamíferos). Los registros indirectos (huellas, excretas, madrigueras, huesos, entre otros) se contemplaron únicamente para realizar los listados totales y verificar la presencia de aquellas especies que no pudieran ser registradas mediante métodos directos.

A continuación de describe más detalladamente el tipo de muestreo utilizado para la caracterización de la fauna silvestre:

Muestreo de transectos en franja

De acuerdo con Mandujano-Rodríguez (s/a), este método consiste en una modificación del muestreo de cuadrante que facilita la tarea de contar todos los individuos en la unidad de muestreo. El “cuadrante” es una franja angosta y larga en forma de rectángulo que es recorrida por el (los) observador(es) a través de la línea central, contando todos los individuos dentro de la franja muestral de anchura 2W (ancho efectivo), esto último se refiere a la anchura en ambos lados de la línea del transecto. La visibilidad es afectada por los siguientes factores: cobertura vegetal, relieve, hora y técnica de muestreo (a pie, caballo, vehículo terrestre o aéreo).

Figura IV. 28. Diagrama de un transecto en franja. El largo (L) y ancho (2w) son establecidos desde el inicio del muestreo. Los “o” representan los animales que no se deben contar; los “*” son los animales que se deben contar.



SAN ANTÓN
DE LAS MINAS SA DE CV

MANIFESTACION IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL MODALIDAD B

PROYECTO:

“CERRO DEL GALLO”

DOLORES HIDALGO C.I.N., GUANAJUATO, MEXICO.

ELABORADO POR

MC TERRA EMPRENDIMIENTOS SUSTENTABLES S.A DE C.V.

DIAGRAMA DE UN TRANSECTO EN FRANJA. EL LARGO (L) Y ANCHO (2W).

Las consideraciones usadas para este tipo de muestreo son las siguientes:

a) Todos los individuos contenidos en el área muestreada tienen la misma probabilidad de ser detectados (p = 1.0).

b) Cualquiera de los individuos está aleatoriamente distribuido sobre el área muestreada, o el transecto fue ubicado de manera aleatoria en el área.

c) Todos los individuos (ambos sexos y todas las edades) son igualmente probables a ser ahuyentadas. El avistamiento de un organismo no influye en el avistamiento de otros organismos.

d) Ningún animal es contado más de una vez.

Este procedimiento de muestreo puede ser aplicado a animales de todos tamaños, en una variedad de hábitat. Incluso animales que ordinariamente están ocultos pueden ser

contados si ellos son ahuyentados por el observador. Este método aporta información bastante confiable y puede ser utilizado para estimar índices de densidad poblacional.

No obstante, los principales factores que pueden afectar la aplicación de esta metodología son los siguientes:

a) Que tan conspicuos o visibles son los individuos.
b) Condiciones meteorológicas.
c) Actividad de la especie en relación con la hora del día o estación del año.
d) Conteos duplicados de individuos que se desplazan hacia adelante durante el recorrido del transecto después de ser ahuyentados
e) Variación en el efecto de la cobertura del hábitat para la detección de los individuos.

Las metodologías específicas para el muestreo de cada grupo de fauna se describen a continuación:

4.2.5.2.1. Anfibios y Reptiles.

La observación de estas especies se llevó a cabo durante los recorridos realizados en los transectos en banda, utilizando la técnica de búsqueda activa, en la cual se revisaron huecos, debajo de la hojarasca, debajo de troncos y piedras, que son los sitios donde se esconden la mayoría de las especies de reptiles y anfibios. Cada vez que se observó un individuo se le identificó con la ayuda de guías de campo y/o con manuales previamente elaborados.

Mamíferos.

La presencia de los mamíferos en el área se puede constatar mediante la observación directa de los individuos, sin embargo, debido al comportamiento de la mayoría de los mamíferos, siendo discreto y evasivo, se utilizaron de igual manera métodos indirectos, estos consisten en la identificación de los individuos por medio de algún indicio de actividad en la zona, ya sean; huellas, excretas, pelos, comederos, rascaderos,

madrigueras, nidos, etc. siguiendo las recomendaciones hechas por Mandujano y Aranda (1993), Reid (1997) y Aranda (2000). Para la identificación de las especies se realizó de acuerdo de la experiencia del personal y ayuda de guías de campo y claves dicotómicas (Coates-Estrada y Estrada, 1994; Aranda, 2000; Ceballos y Oliva, 2005).

Como medida adicional se utilizó lo que son 3 cámaras trampa modelo WildView XtremeInfrared STC-TGL2IR, la cual consiste en un dispositivo compuesto por un sistema detector de movimiento y/o calor, que, al detectar movimiento o cambio de temperatura, el dispositivo se activa tomando un registro fotográfico del agente, ya sea algún animal u objeto. Para aumentar el éxito de captura estas cámaras fueron cebadas con productos comerciales (Fruta, Sardina, viseras de pollo o res).

Es importante remarcar que las cámaras fueron colocadas en relación con la accesibilidad de los sitios, cada una estuvo colocada en una estación, cada estación tuvo una duración de 4 días completos (Sin contar el día de colocación y retiro de estas). Sumando así 576 hrs/trampa.

Tabla IV. 25. Ubicación Espacial de las Cámaras Trampa utilizadas en el estudio.

Cámaras		
ID	**X UTM**	**Y UTM**
1	289566	2332310
2	289812	2331924
3	287537	2330437

4.2.5.2.2. Aves.

Para la observación de las aves, se realizaron durante los recorridos de los transectos descritos con anterioridad, se utilizaron binoculares (10x50). Así mismo, se realizó la identificación de especies por medio del canto, huellas y nidos. Para la identificación de las especies se basó principalmente en la experiencia del personal, sin embargo, también se respaldaron en guías de campo como las de Peterson y Chalif (1994), Howell y Webb (1995), National Geographic Society (1996) y Edwards (1998) y Field Guide to the Birds of North America National Geographic (2011).

Tamaño de muestra para el CUSTF y SAR.

Los transectos pueden ser ubicados de manera sistemática o aleatoria, para el caso del muestreo realizado en el Sistema Ambiental Regional y en el área de proyecto se eligió hacerlo de manera aleatoria. Se realizaron un total de 10 transectos con una longitud de 500mts (L) por 30 metros de ancho (2w), los cuales fueron distribuidos la siguiente manera; 6 transectos para el CUSTF y 4 para el SAR sumando una superficie total muestreada de 15 Ha, 9 Ha para el CUSTF y 6 Ha para el SAR, Aproximadamente.

Tabla IV. 26. Transectos utilizados para el monitoreo de Fauna presente en el área de estudio.

Zona	Transecto	Inicial		Final	
		X	Y	X	Y
CUSTF	1	290154	2331294	289690	2331110
	2	289932	2331722	289449	2331594
	3	289498	2332640	289941	2332407
	4	288308	2331425	288795	2331309
	5	288950	2331461	289227	2331877
	6	290502	2331545	290156	2331907
SAR	7	287608	2330422	288103	2330496
	8	288197	2332642	288595	2332945
	9	288029	2333253	287553	2333405
	10	287961	2333502	287680	2333916

4.2.5.2.3. Análisis Estadístico.

Índice de Diversidad Shannon-Wienner (H').

Para la estimación de Abundancia y Diversidad se aplicó un Índice de Shannon-Wiener, el cual se usa en la ecología y otras ciencias para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente con una H' y se expresa siempre con número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0.5 y 5, valores inferiores a 2 se consideran ecosistemas de diversidad baja y superiores a 3 ecosistemas de diversidad alta. Es importante aclarar que normalmente los ecosistemas con mayores valores son bosques tropicales o arrecifes de coral, mientras que las zonas desérticas y similares son las de menores valores en cuanto a diversidad. Una de las mayores

ventajas de este índice, es que, a pesar de ser un índice de fácil aplicación, no es necesario identificar las especies presentes, basta con poder distinguir unas de otras, para hacer el recuento de individuos de cada una de ellas, y su Abundancia Total.

La fórmula para aplicar el índice de Shannon es la siguiente.

$$\mathbf{H' = -\sum_{i=1}^{S} (Pi)(LnPi)}$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Pi= Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

LnPi= logaritmo natural de pi.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (Riqueza) y la Cantidad de Individuos de la especia (Abundancia) junto con la cantidad de individuos por especie en relación con el total de individuos (Abundancia relativa).

El máximo valor de este índice para un número determinado de especies se calcula de la siguiente manera:

Hmin = O

Hmax = Ln(S)

Equidad de Pielou.

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Pielou adopta valores entre 0 y 1, el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad (Martella. et al., 2012). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{Ln(S)}$$

Donde:

J= Equidad de Pielou.

H = Índice de diversidad de Shannon.

Ln (S)= Logaritmo natural del número de especies (o riqueza).

En resumen, el Índice de equidad de Pielou es el resultante de la división entre el índice de Shannon-Wiener sobre el logaritmo natural (Ln) de la riqueza (S).

Densidad

Para el cálculo de la densidad de fauna silvestre se utilizó la siguiente formula, esta propuesta por Gallina y López, 2011:

$$D = \frac{n}{2wL}$$

Donde:

D = Densidad.

W = Ancho medio del transecto.

L = Longitud total del transecto.

Resultados:

En total se obtuvieron 212 registros en 35 especies dentro del estudio, el grupo de las aves obtuvo la mayor cantidad de especies con 29, equivalente al 82.85% respecto al total, los reptiles están representados por 3 especies, seguido de los mamíferos con 3, no se registran anfibios durante el monitoreo. Con relación a la cantidad de registros en el área de estudio, en el CUSTF se registraron 88 individuos en 22 especies y para el SAR 124 individuos en 33 especies, de las cuales, solamente una se encuentra categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de ellas se encuentra incluida en la Lista Roja de especies Amenazadas (UICN).

Tabla IV. 27. Riqueza obtenida en los trabajos de Campo para el área de estudio.

Grupo	Número especies	Proporción
Reptiles	3	8.57%
Mamíferos	3	8.57%
Aves	29	82.86%
Total	**35**	**100%**

A continuación, se muestra un listado general de las especies de fauna registradas para ambos casos, separadas por grupo faunístico.

Tabla IV. 28. Listado general de especies registradas durante los trabajos de campo.

Grupo	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	NOM-059	UICN
Aves	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	S/E	LC
Aves	Accipitriformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	S/E	LC
Aves	Columbiformes	Columbidae	*Columbina inca*	Tortolita cola larga	S/E	LC
Aves	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma ala blanca	S/E	LC
Aves	Cuculiformes	Cuculidae	*Geococcyx californianus*	Correcaminos norteño	S/E	LC
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara quebrantahuesos	S/E	LC
Aves	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguero dominico	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Cenzontle norteño	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuitlacoche piquicurvo	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Parulidae	*Polioptila caerulea*	Perlita azulgris	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	*Amphispiza bilineata*	Zacatonero garganta negra	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión arlequin	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador viejita	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella pallida*	Gorrión pálido	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Passerellidae	*Spizella passerina*	Gorrión ceja blanca	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Remizidae	*Auriparus flaviceps*	Verdín	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	*Thryomanes bewickii*	Saltapared cola larga	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquerito cardenal	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis saya*	Mosquero llanero	S/E	LC
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus vociferans*	Tirano chibiú	S/E	LC
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza blanca	S/E	LC
Aves	Piciformes	Picidae	*Dryobathes scalaris*	Carpintero mexicano	S/E	LC
Aves	Piciformes	Picidae	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	S/E	LC
Mamíferos	Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	S/E	LC
Mamíferos	Carnivora	Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	S/E	LC
Mamíferos	Lagomorpha	Leporidae	*Lepus californicus*	Liebre cola negra	S/E	LC
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Lagartija espinosa de mezquite	Pr	LC
Reptiles	Squamata	Phrynosomatidae	*Sceloporus spinosus*	Lagartija espinosa	S/E	LC
Reptiles	Squamata	Teiidae	*Aspidoscelis gularis*	Huico pinto	S/E	LC

Especies con alguna categoría de riesgo.

Del total de las especies registradas, solamente la lagartija espinosa de mezquite (Sceloporus grammicus) se encuentran incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, perteneciente a los reptiles, clasificada bajo protección especial (Pr).

Tabla IV. 29. Especies registradas, incluidas dentro de alguna categoría de riesgo

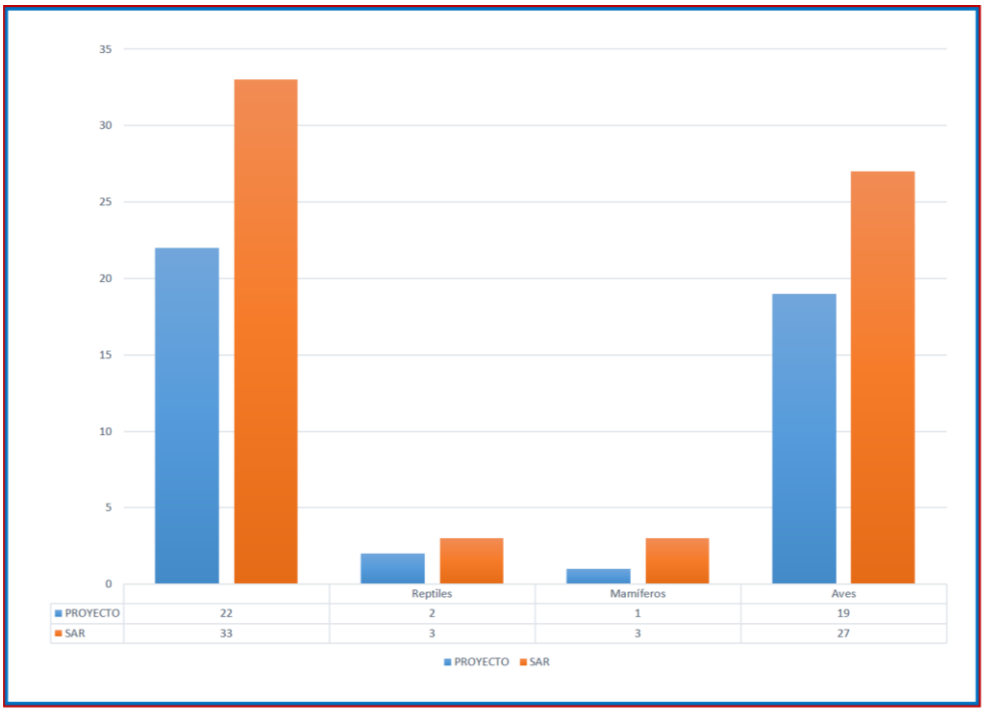
Familia	Especie	CATEGORÍA NOM-059	UICN
Phrynosomatidae	*Sceloporus grammicus*	Pr (Protección especial)	LC

Riqueza.

La riqueza total fue de 35 Especies, distribuidas en 29 especies de Aves, 3 Reptiles y 3 Mamíferos.

Comparando las riquezas obtenidas del SAR, con la zona descrita como CUSTF, el SAR presentó un mayor valor de riqueza, registrando 33 Especies, equivalente al 94.2% respecto al total registradas, a diferencia del área del proyecto que registro el 62.85% respecto al total de especies, mismas distribuidas en 19 especies de aves, 2 reptiles y un mamífero, sumando un total de riqueza de 22 especies para el área del proyecto.

Figura IV. 29. Riqueza obtenida durante los trabajos en Campo



Abundancia.

Tabla IV. 30. Abundancia registrada para cada especie dentro del CUSTF y SAR.

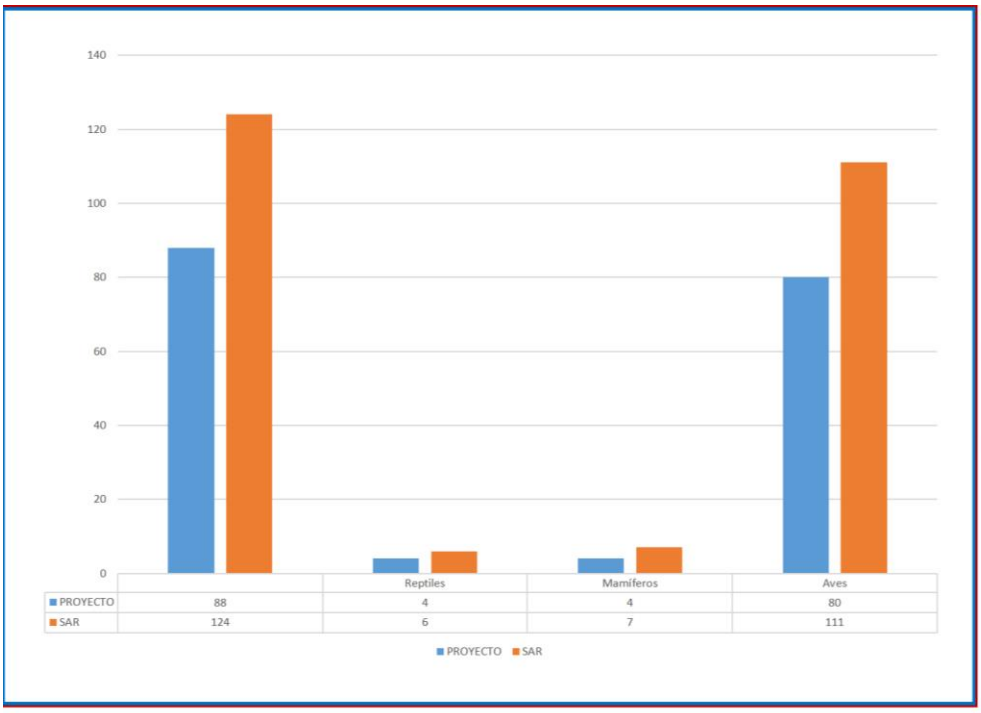
Especie	Abundancia		
	CUSTF	SAR	Total
Aves			
Buteo jamaicensis	1	1	2
Cathartes aura	2	5	7
Columbina inca	6	10	16
Zenaida asiatica	8	8	16
Geococcyx californianus	2	4	6
Caracara cheriway	2	3	5
Falco sparverius	0	2	2
Corvus corax	3	5	8
Haemorhous mexicanus	0	3	3
Spinus psaltria	0	1	1
Quiscalus mexicanus	4	5	9
Mimus polyglottos	9	8	17
Toxostoma curvirostre	6	10	16
Polioptila caerulea	10	13	23
Setophaga coronata	0	4	4
Amphispiza bilineata	2	0	2
Chondestes grammacus	0	4	4
Melozone fusca	0	1	1
Spizella pallida	4	0	4
Spizella passerina	0	1	1
Auriparus flaviceps	4	4	8
Thryomanes bewickii	4	2	6
Pitangus sulphuratus	0	2	2

Especie	Abundancia		
	CUSTF	SAR	Total
Pyrocephalus rubinus	4	3	7
Sayornis saya	3	3	6
Tyrannus vociferans	4	4	8
Ardea alba	0	1	1
Dryobathes scalaris	0	1	1
Melanerpes aurifrons	2	3	5
Total	**80**	**111**	**191**
Mamíferos			
Urocyon cinereoargenteus	0	1	1
Canis latrans	0	1	1
Lepus californicus	4	5	9
Total	**4**	**7**	**11**
Reptiles			
Sceloporus grammicus	1	1	2
Sceloporus spinosus	0	2	2
Aspidoscelis gularis	3	3	6
Total	**4**	**6**	**10**
Total general	**88**	**124**	**212**

Para el CUSTF, se registraron 88 individuos, distribuídos en 4 Reptiles, 4 Mamíferos y 80 Aves. Siendo las especies: *Aspidoscelis gularis (3)* y *Sceloporus grammicus (1)* representando a los reptiles, la liebre cola negra (*Lepus californicus; 4*) fue la única observada perteneciente al grupo de los mamíferos, y por último representando al grupo de las aves, *Polioptila caerulea (10) y Zenaida asiatica (8)*.

Para el SAR, se registró un total de 124 individuos, mismos distribuidos en, 6 Reptiles, 7 Mamíferos y 111 Aves. Siendo la especie más avistada nuevamente el huico (*Aspidoscelis gularis*), con 3 ejemplares, observandose en menor medida *Sceloporus spinosus (2) y Sceloporus grammicus (1)*. Por el lado de los mamíferos, la liebre (*Lepus californicus*) fue mayormente observada (5), seguida de *Canis latrans y Urocyon cinereoargenteus* con un registro respectivamente. En el caso de las aves la perlita (*Polioptila caerulea)* fue la especie más común, seguida del *Toxostoma curvirostre* y *Zenaida asiatica*.

Figura IV. 30. Concentrado de Abundancia general obtenida dentro del CUSTF y SAR, durante los trabajos en campo.



SAN ANTÓN
DE LAS MINAS SA DE CV

MANIFESTACION IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL MODALIDAD B

PROYECTO:

"CERRO DEL GALLO"

DOLORES HIDALGO C.I.N., GUANAJUATO, MEXICO.

ELABORADO POR

MC TERRA EMPRENDIMIENTOS SUSTENTABLES S.A DE C.V.

ABUNDANCIA

Diversidad.

De acuerdo a la comparativa de los índices de Diversidad Shannon-Wienner y el índice de Equitatividad de Pielou calculados tanto para el SAR, como para el CUSTF, se describen de manera general ecosistemas con una diversidad media (CUSTF) y alta (SAR), siendo H'=2.92 para el primero y H'=3.22 para el segundo, siendo el SAR la que posee mayor diversidad de manera general, y de igual manera por grupo faunístico. En lo que respecta al índice de Equitatividad de Pielou, ambas presentan de manera general valores muy similares describiendo ambas partes como ecosistemas homogéneos en cuanto a sus abundancias, siendo más concretos una equitatividad de J'= 0.94 del CUSTF, contra J'= 0.92 del SAR, indicando así que existe una distribución ligeramente más homogénea dentro del proyecto en cuanto a la abundancia de sus especies, sin diferencia significativa entre ellas.

Tabla IV. 31. Concentrado de Diversidad obtenido por grupo faunístico y de manera general durante el estudio de campo.

Grupo	CUSTF		SAR	
	(H')	(J')	(H')	(J')
Aves	2.78	0.94	3.04	0.92
Mamíferos	-	-	0.79	0.72
Reptiles	0.56	0.81	1.01	0.92
General	**2.92**	**0.94**	**3.22**	**0.92**

Densidad

De acuerdo con la densidad obtenida por medio del cálculo; (D= n/2wL), obtenidos en el área de estudio, se puede concluir que las especies de mayor índice de densidad de manera general fueron; Perlita azulgris (Polioptila caerulea) con (1.53 Ind/Ha), Cenzontle (Mimus polyglottos) con (1.13 Ind/Ha), seguidos por Columbina inca, Zenaida asiática y Toxostoma curvirostre con (1.06 Ind/Ha).

Comparativamente, entre CUSTF, y el SAR, el segundo, fue el que presentó una densidad total mayor, con (20.667 Ind/Ha), contra los (9.778 Ind/Ha) del CUSTF, de manera general, de acuerdo con la superficie muestreada (15 ha), la densidad total se estima en 14.133 individuos/ha.

Tabla IV. 32. Tabla Cálculos de Densidad por Hectárea (Ha), para las especies dentro del área de estudio.

Densidad Estimada (Individuos/Ha)			
Especie	**CUSTF (n=9)**	**SAR (n=6)**	**Total (n=15)**
Buteo jamaicensis	0.111	0.167	0.133
Cathartes aura	0.222	0.833	0.467
Columbina inca	0.667	1.667	1.067
Zenaida asiatica	0.889	1.333	1.067
Geococcyx californianus	0.222	0.667	0.400
Caracara cheriway	0.222	0.500	0.333
Falco sparverius	-	0.333	0.133
Corvus corax	0.333	0.833	0.533
Haemorhous mexicanus	-	0.500	0.200
Spinus psaltria	-	0.167	0.067
Quiscalus mexicanus	0.444	0.833	0.600
Mimus polyglottos	1.000	1.333	1.133
Toxostoma curvirostre	0.667	1.667	1.067
Polioptila caerulea	1.111	2.167	1.533
Setophaga coronata	-	0.667	0.267
Amphispiza bilineata	0.222	-	0.133
Chondestes grammacus	-	0.667	0.267
Melozone fusca	-	0.167	0.067

Densidad Estimada (Individuos/Ha)			
Especie	**CUSTF (n=9)**	**SAR (n=6)**	**Total (n=15)**
Spizella pallida	0.444	-	0.267
Spizella passerina	-	0.167	0.067
Auriparus flaviceps	0.444	0.667	0.533
Thryomanes bewickii	0.444	0.333	0.400
Pitangus sulphuratus	-	0.333	0.133
Pyrocephalus rubinus	0.444	0.500	0.467
Sayornis saya	0.333	0.500	0.400
Tyrannus vociferans	0.444	0.667	0.533
Ardea alba	-	0.167	0.067
Dryobathes scalaris	-	0.167	0.067
Melanerpes aurifrons	0.222	0.500	0.333
Urocyon cinereoargenteus	-	0.167	0.067
Canis latrans	-	0.167	0.067
Lepus californicus	0.444	0.833	0.600
Sceloporus grammicus	0.111	0.167	0.133
Sceloporus spinosus	-	0.333	0.133
Aspidoscelis gularis	0.333	0.500	0.400
Total	**9.778**	**20.667**	**14.133**

4.2.5.2.4. Conclusiones Generales.

En total se registraron 35 especies, en 212 individuos. Los resultados obtenidos señalan que el grupo de las Aves es el mejor representado tanto para el área del CUSTF y como el SAR, es decir, este grupo se presentó dominante tal y como lo indica la riqueza específica y el índice de Shannon; es importante mencionar que los valores de diversidad estimados son más altos en el SAR respecto al CUSTF mostrando condiciones semejantes o mejores para la cuenca.

En lo que respecta a las especies enlistadas a la NOM-059-SEMARNAT-2010, con alguna categoría de riesgo, solamente se encontró una especie, sin embargo, no se descarta la presencia de alguna otra especie enlistada, de tal manera que para el presente proyecto, es recomendable la implementación de un programa de rescate y reubicación de fauna, para conservar en la medida especies en riesgo, asi como la biodiversidad en general de la zona.

El bajo registro observado durante el monitoreo de campo posiblemente es debido a la modificación del ambiente natural presente en el área de estudio, por lo que especies nativas pudieron verse desplazadas a ambientes mejor conservados, lo cual, es congruente con lo obtenido en campo, encontrándose principalmente especies capaces

de soportar dichos cambios, siendo mayormente abundantes especies como: *Polioptila caerulea, Mimus polyglottos, y* columbidos como *Zenaida asiática y Columbina inca*.

4.2.6. Medio socioeconómico

El municipio de Dolores Hidalgo, se localiza en la parte Norte-Centro del estado de Guanajuato en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, dentro de la Subprovincia de las Sierras y Llanuras de Guanajuato, en la Región Minera de Guanajuato-Sierra de León y en el Distrito Minero de San Antón de las Minas; colindando con los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión y San Luis de la Paz al Norte, al Este con los municipios de San Miguel de Allende y San Luis de la Paz, al Oeste con los municipios de Guanajuato y San Felipe.

Las instalaciones mineras en mención se localizan en el territorio del municipio de Dolores Hidalgo, al Suroeste de la ciudad de Guanajuato a una distancia por carretera pavimentada desde la ciudad de Guanajuato de 53 km por carretera 110 México-Guanajuato, a la Ciudad de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional, y a una distancia de 17 km por camino de terracería al Suroeste respecto de las inmediaciones de la cabecera municipal de Dolores hidalgo y a una altura promedio del orden de 2205 msnmm. Considerando que en el Capítulo II de esta MIA se acotaron las coordenadas de los sitios y obras a realizar, las poblaciones más cercanas que se localizan a una distancia de hasta 20 kilómetros en línea recta respecto de las oficinas generales de la mina, se mencionan en el cuadro siguiente:

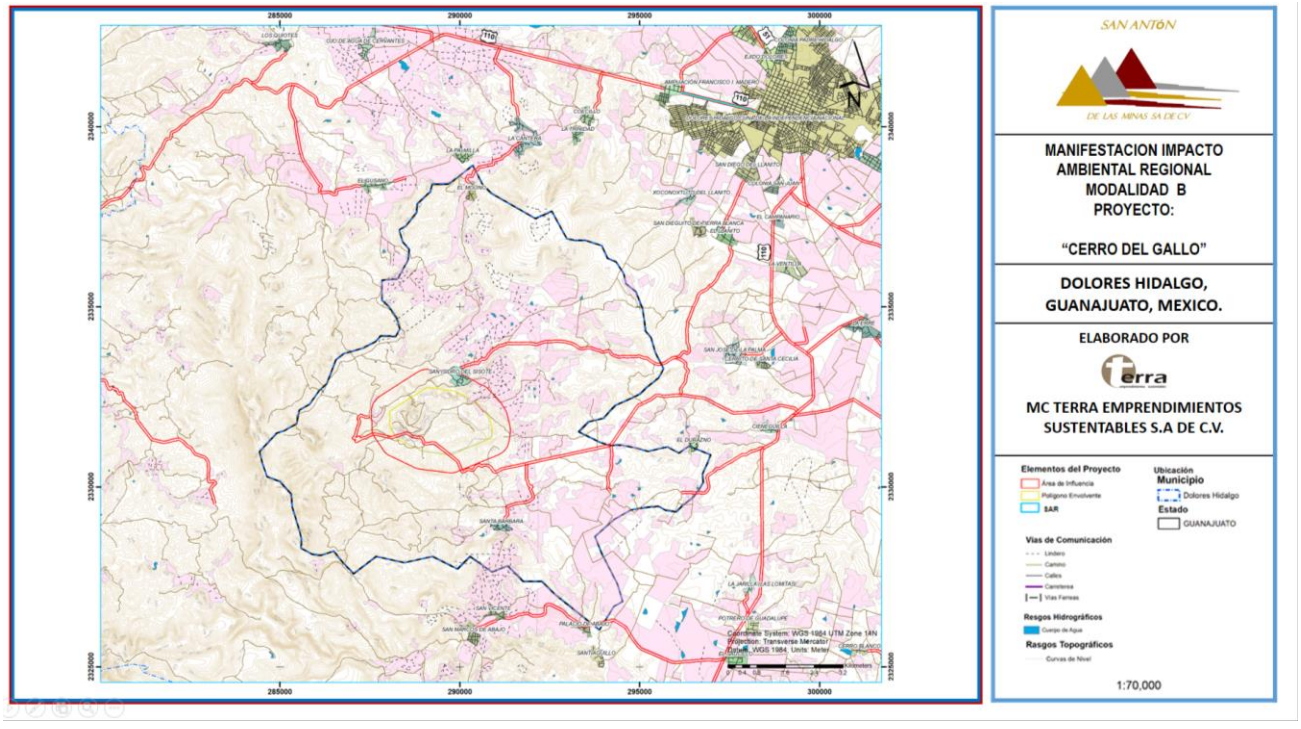
Tabla IV. 33. Ubicación de las localidades respecto del sitio del proyecto en un radio de 20 km a la redonda

Comunidad/Localidad	Distancia al proyecto en línea recta (km)
Dolores Hidalgo C. de la I.N.	13.5
Adjuntas del Río	17.1
Cieneguilla	9.2
Ejido de Cieneguilla	9.9
El capulín	13.5
El gusano	7
El saucillo (El Saucito)	15.5
Ejido Dolores	25.9

Comunidad/Localidad	Distancia al proyecto en línea recta (km)
La Erre	13.9
San José de la Palma	12
La Palmilla	8.5
Los Quiotes	8
San Antón de las Minas	2.3
San Antón del Llanito	9.2
San Cristóbal	16.6
San Francisco de la Erre	13.9
San Isidro del Sisote	1.8
San Marcos de Abajo	5.6
San Martín de los Terreros	17.5
San Nicolas de Arroyo Seco	14.4
Santa Bárbara	2.9
Xoconoxtito del Llanito	9.7
Xoconoxtle de Remátalo	10.4
Xoconoxtle del Grande	15.2

Las comunidades listadas en el cuadro resultan las más significativas y cercanas al proyecto, debido a la alta densidad de localidades cercanas al área del proyecto solo se tomaron en cuenta las que tienen una población mayor a 250 habitantes de los centros de población más cercanos al sitio de interés.

Figura IV. 31. Elementos Urbanos



La comunidad más poblada es la cabecera municipal Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional con 52,250, donde se concentra la mayoría de la población, seguida por la comunidad Rio Laja con 2416 habitantes; cabe mencionar que en la superficie municipal se tienen más de 890 asentamientos de los cuales 838 solamente constan de una o dos viviendas. En el cuadro siguiente se muestra por su parte la distribución de la población de las localidades cercanas a la zona minera:

Tabla IV. 34. Distribución poblacional en las localidades cercanas al proyecto. (Fuente: INEGI, Censo 2010

Comunidad/Localidad	Habitantes	Localidades %
Dolores Hidalgo C. de la I.N.	59,240	80.96
Adjuntas del Río	1,068	1.46
Cieneguilla	326	0.45
Coecillo	459	0.63
Ejido de Cieneguilla	315	0.43
El capulín	385	0.53
El gusano	386	0.53
El saucillo (El Saucito)	598	0.82
Ejido Dolores	795	1.09
La Erre	635	0.87
La Palmilla	391	0.53
Los Quiotes	260	0.36
Mesa de López	262	0.36
San Antón de las Minas	470	0.64
San Antón del Llanito	423	0.58
San Cristóbal	329	0.45
San Francisco de la Erre	447	0.61
San Isidro de la Estacada	1,054	1.44
San Isidro del Sisote	366	0.5
San José de la Palma	714	0.98
San Marcos de Abajo	515	0.7
San Martín de los Terreros	695	0.95
San Nicolas de Arroyo Seco	571	0.78
Santa Bárbara	553	0.76
Xoconoxtito del Llanito	520	0.71
Xoconoxtle de Rematálo	379	0.52
Xoconoxtle del Grande	1,014	1.39
Total	73,170	100

4.2.6.1. Demografía

De acuerdo al Censo General de Población y Vivienda realizado por el INEGI en el año de 2010, la población correspondiente al total del municipio de Dolores Hidalgo, es de 148,173 habitantes de los cuales 69,891 pertenecen al sexo masculino y 78,282 son del sexo femenino. En cuanto a las localidades más cercanas al área de influencia del polígono donde se pretende la instalación industrial de la infraestructura minera, el total de habitantes es de 73,170 perteneciendo 34,282 al sexo masculino y 38,898 al sexo

femenino. En el cuadro siguiente se registra la distribución de los habitantes para las localidades cercanas al proyecto en un radio de 20 km a la redonda.

Tabla IV. 35. Población por sexo en el Área de Influencia del Proyecto

Comunidad/Localidad	Masculino	Femenino	Total	%
Dolores Hidalgo C. de la I.N.	27,634.00	31606	59240	80.95
Adjuntas del Río	510	558	1068	1.46
Cieneguilla	155	171	326	0.45
Coecillo	222	237	459	0.63
Ejido de Cieneguilla	164	161	325	0.44
El capulín	200	185	385	0.53
El gusano	179	207	386	0.53
El saucillo (El Saucito)	282	316	598	0.82
Ejido Dolores	384	411	795	1.09
La Erre	306	329	635	0.87
La Palmilla	197	194	391	0.53
Los Quiotes	132	128	260	0.36
Mesa de López	116	146	262	0.36
San Antón de las Minas	259	211	470	0.64
San Antón del Llanito	202	221	423	0.58
San Cristóbal	158	171	329	0.45
San Francisco de la Erre	217	230	447	0.61
San Isidro de la Estacada	502	552	1054	1.44
San Isidro del Sisote	154	212	366	0.5
San José de la Palma	321	393	714	0.98
San Marcos de Abajo	246	269	515	0.7
San Martín de los Terreros	351	344	695	0.95
San Nicolas de Arroyo Seco	265	306	571	0.78
Santa Bárbara	258	295	553	0.76
Xoconoxtito del Llanito	250	270	520	0.71
Xoconoxtle de Remátalo	175	204	379	0.52
Xoconoxtle del Grande	443	571	1014	1.39
Total	**34,282.00**	**38,898.00**	**73,180.00**	**100**

Es importante resaltar que el municipio está constituido 612 localidades principales y el total de poblaciones, asentamientos y caseríos, es de 893, de las cuales la comunidad de Dolores Hidalgo es la que tiene mayor densidad de habitantes, Río Laja con 2416 habitantes y una proporción importante tiene una densidad menor a 1,500 habitantes; el resto de los asentamientos tienen menos de menos de 100 e incluso de hasta 1 o 2 habitantes.

De acuerdo al Censo de Población 2010, los resultados del levantamiento fueron un total de 148,173 habitantes de los cuales el 31.48% tenía una edad menor a los 14 años, 22.87%, el 26.66% tenía una edad entre 25 a 59 años y el 13.42% de más de 60 años, como se muestra en la figura, en la que se indica la distribución de la población según los grandes grupos de edad.

De los poblados que se encuentran ubicados en el área de influencia del proyecto, el que tiene el mayor número de habitantes es Dolores Hidalgo, así también se analiza el crecimiento poblacional para las tres localidades más cercanas a la mina. Se puede inferir que de los años 1990 a 2010, las cuatro localidades prácticamente no se produjo el fenómeno de decrecimiento, solo se observa que la población que mostro un decremento significativo es la localidad de San Isidro del Sisote; por lo demás en las tres localidades restantes se observa un incremento de la población menor al 1%, posiblemente por razones debidas a las pocas oportunidades de ocupación en las localidades anotadas, por lo que se infiere que la operación de la empresa minera, generara un impacto positivo en las comunidades aledañas mencionadas.

El cuadro siguiente muestra el crecimiento de la población de las tres localidades analizadas y de la cabecera municipal, de acuerdo a los censos de población y vivienda para los años 1990 a 2010, observando que el método de cálculo para inferir el crecimiento en el periodo es la medición del crecimiento poblacional con base a una fórmula de tendencia geométrica.

Tabla IV. 36. Crecimiento de la población entre 1990 y 2010. Población Económicamente Activa (PEA)

Año	Ciudad de Dolores Hidalgo C. de la I.N.	Tasa media anual	San Antón de las minas	Tasa media anual	Santa Bárbara	Tasa media anual	San Isidro del Sisote	Tasa media anual
1,990.00	10,001.00	-	412	-	388	-	485	-
1,995.00	45,888.00	0.01	388	-0.01	411	0.01	366	-0.03
2,000.00	50,391.00	0.01	422	0.01	473	0.01	451	0.02
2,005.00	54,843.00	0.01	473	0.01	533	0.01	413	-0.01
2,010.00	59,240.00	0.01	470	0	553	0	366	-0.01

De acuerdo con el INEGI, la población en edad de trabajar (PET) es la que se encuentra delimitada entre los 12 y los 60 años. A esta población hay que sustraer los que se dedican a actividades no remuneradas (como actividades domésticas y estudiantes), para obtener lo que se conoce como Población Económicamente Activa (PEA), que es la población mayor de 12 años que puede y quiere trabajar, es decir, que tiene la edad y condiciones de salud necesarias para realizar una actividad y que le interesa trabajar.

El concepto de Población Ocupada (PO) comprende por su parte a los individuos que ejercen una actividad profesional remunerada, o sin remuneración directa cuando se trata de auxiliares de personas de la familia, se refiere consecuentemente a la población efectivamente absorbida por alguna actividad en el momento de elaboración de la encuesta.

La población ocupada en el área de influencia del proyecto, según sector o actividad para la comunidades cercanas, no es toda la que percibe remuneración por su trabajo y en todo caso es de menos de uno o dos salarios mínimos , tomando como base los datos consultados en el INEGI, recalcando que la mayoría de la población ocupada lo hace en la educación, servicios de salud y actividades gubernamentales, ya que Dolores Hidalgo es la cabecera municipal; bajo estas condiciones el cuadro siguiente está integrada con la población en edad de trabajar (PET), población económicamente activa (PEA) y población ocupada (PO).

Tabla IV. 37. Población económicamente activa y Población ocupada.

Comunidad	Total	Subtotal PET	% del Total	Subtotal PEA	% del PET	Subtotal PO	% de la PEA
Dolores Hidalgo	59,249.00	40406	68.2	23921	59.2	22728	95
San Antón de las Minas	470.00	307	65.3	127	41.4	124	97.6
Santa Bárbara	553.00	371	67.1	167	45	160	95.8
San Isidro del Sisote	366.00	224	61.2	87	38.8	69	79.3

En cuanto a los sectores económicos, en el cuadro siguiente se presentan los sectores en que se ocupan los habitantes de del municipio de Dolores Hidalgo, donde las principales actividades consisten en negocios de comercio, servicios de educación, comercio, alfarería, servicios, salud, actividades relacionadas con el gobierno y muy posiblemente negocios familiares en actividades de agricultura y ganadería, y en algunos casos sin paga.

Por tanto la única infraestructura industrial de importancia que existirá en las inmediaciones de la cabecera municipal, será la Unidad Minera San Antón de la compañía San Antón de las Minas, S.A. de C.V., como la principal receptora de mano de obra de las localidades cercanas, donde la gran parte de mano de personal será contratado de la propia región, sin menoscabo del beneficio ante la frecuente visita de proveedores, asesores, técnicos especializados que son consumidores de los servicios de la comunidad de Dolores Hidalgo.

En el cuadro siguiente se listan los sectores de actividad económica y la cantidad de personal en la cabecera municipal, de acuerdo a la última actualización del Censo Económico 2009.

Tabla IV. 38. Fuentes de empleo en Dolores Hidalgo.

Sector	Actividad	Unidades económicas	Personal ocupado total
Primario	Agricultura, cría explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.	*	13
Secundario	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	*	83
	Construcción	15	362
	Industrias Manufactureras	648	3780
Terciario	Comercio al por mayor	74	441
	Comercio al por menor	1674	4219
	Transportes, correos y almacenamiento	*	101
	Información en medios masivos	*	79
	Servicios financieros y de seguros	20	291
	Servicios inmobiliarios de alquiler de bienes muebles e intangibles	41	91
	Servicios profesionales, científicos y técnicos	80	249
	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	48	116
	Servicios educativos	33	337
	Servicios de Salud y de Asistencia Social	133	520
	Servicios de esparcimiento culturales, deportivos y otros servicios recreativos	45	110
	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	400	1243
	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	434	891
Total		**3,645.00**	**12926**

4.2.6.2. Movimientos migratorios

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI, en el rubro de migración se tiene los datos referentes a la población mayor de 5 años según su situación de estadía en el año 2005. La información más detallada se tiene para el municipio de Dolores Hidalgo en cuanto a la migración hacia otros estados de la

República, así como migración internacional hacia los Estados Unidos de Norte América y otros Países no especificados. La información al respecto se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla IV. 39. Población emigrante del municipio

Migración	Municipio de Dolores Hidalgo
Población total	130,749.00
Población en la entidad	123,098.00
Población en otra entidad	6,798.00
Población en EUA	593
Población en otro país	48

Con respecto a la migración se observa que para el municipio, tomando en consideración que la población municipal mayor de 5 años es de 130,749 habitantes, el fenómeno de migración internacional no se considera relevante si se toma en cuenta que sólo es menos de 0.5% y se da más emigración de personas hacia otros estados de la republica representando el 5.20%, por tanto el 5.69% de la los habitantes mayores de 5 años emigró del municipio en busca de mejores oportunidades de empleo y del 94.31% permanece en el municipio, por lo que se infiere que tal vez se haya dado el fenómeno de migración intermunicipal debido a la búsqueda de mejores oportunidades de trabajo o mejoramiento en el nivel y calidad de vida.

De lo anterior se desprende que el fenómeno de emigración no es considerable en el municipio, puesto que al igual que para la localidad cercana al sitio minero, se tiene un incremento de la población para el año 2010, y de acuerdo a los datos censales, se supone que algunos habitantes permanecieron en el municipio o bien en el periodo 2005-2010 la cantidad de habitantes que emigraron fue considerablemente menor.

4.2.6.3. Factores socioculturales

Todas las comunidades que se verán potencialmente afectadas por el proyecto tienen características socioculturales comunes, como son; una fuerte tradición agrícola y religión católica predominante, se festejan las fiestas patrias, el 16 de septiembre la

navidad y el fin de año, además de las fiestas municipales del mes patrio; el 3 de mayo se celebra la advocación a la Santa Cruz, el viernes de dolores y la semana santa.

El municipio de Dolores Hidalgo se ubica en un importante estado minero, aunque en el Distrito minero de San Antón de las Minas actualmente no se realizan actividades mineras. En tanto en el estado y principalmente en la capital, las actividades de explotación y beneficio por parte de empresas tanto mexicanas como extranjeras, son relevantes y de fuerte impacto económico para el estado y participación al PIB tanto estatal como nacional.

4.2.6.4. Grupos étnicos

En el municipio de Dolores Hidalgo se cuenta con grupos étnicos. De acuerdo a los resultados que presentó el Censo General de Población y Vivienda en el 2010, en la población de municipio habitan 160 personas mayores de 3 años y que hablan alguna lengua indígena (mazahua) y 437 habitantes cuantificados en hogares censales

4.2.6.5. Ruinas arqueológicas

En el municipio de Dolores Hidalgo, no se tienen vestigios detectados a la fecha respecto de ruinas arqueológicas.

4.2.6.6. Vivienda

La vivienda en las localidades del municipio de Dolores Hidalgo es en su mayoría de una sola habitación más la cocina y está hecha a base de material perecedero adobe y algunas de roca. En algunos casos se tiene techo de tierra sostenido por vigas de madera, también existen viviendas con techos de lámina, además de los materiales citados anteriormente, empleándose tabique, piedra o bloque de cemento para los muros y losa o teja para los techos. De acuerdo con los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda 2010, en la comunidad de Dolores Hidalgo se contabilizaron un total de 16,110 viviendas de las cuales 13,153 se encontraban habitadas y 2,417 deshabitadas.

En lo que respecta a las tres localidades directamente relacionadas con las instalaciones mineras por su relativa cercanía, sus características de vivienda son las siguientes:

Tabla IV. 40. Situación de la vivienda en las localidades cercanas al proyecto.

Comunidad	Total, de Viviendas	Viviendas Habitadas	Viviendas Deshabitadas
Dolores Hidalgo C. de la I. N.	16,110	13153	2,417
San Antón de las Minas	101	92	6
Santa Bárbara	131	110	18
San Isidro del Sisote	88	77	11
Total	16,430	13432	2,452

4.2.6.7. Tipos de vivienda

En las localidades predominan los muros de adobe y piedra con techos de tierra y vigas o lámina galvanizada, en las comunidades de mayor tamaño dentro de las anotadas en el cuadro, ya se tienen construcciones con muros de ladrillo y techos de loza de concreto, predominando en la cabecera municipal construcciones de adobe con techo de tierra-vigas y de ladrillo con techo de loza.

Tabla IV. 41. Total, de comunidades que guarda vínculo con el proyecto

Comunidad	Viviendas	Estatus
Dolores Hidalgo C. de la I. N.	16,110	Urbano
San Antón de las Minas	101	Rural
Santa Bárbara	131	Rural
San Isidro del Sisote	88	Rural
Total	16,430	

De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, en las localidades, avecindadas con la con el proyecto minero, la vivienda se distribuye acorde con el cuadro siguiente, donde se muestran los servicios básicos y el número de habitantes en las viviendas particulares:

Tabla IV. 42. Viviendas por estatus de servicios y número de habitantes.

Estatus	Dolores Hidalgo C. de la I. N.	San Antón de las Minas	Santa Bárbara	San Isidro del SISOTE
Total, de viviendas	16,110	101	131	88
Total, de viviendas particulares	15,888	101	131	88
Total, de viviendas habitadas	13,153	92	110	77
Total, de viviendas particulares deshabitadas	2,417	6	18	11
Con agua entubada	12,581	0	107	75
Con drenaje	12,587	7	12	33
Con sanitario	12,672	9	63	35
Con energía eléctrica	12,687	82	104	72
Promedio de ocupantes por cuarto	1.1	1.56	1.39	1.41
Promedio de habitante en viviendas particulares	4.52	5.11	5.03	3.66

4.2.6.8. Servicios

Las localidades de la zona de influencia se comunican con la comunidad de Dolores Hidalgo por medio de carretera pavimentada, caminos y brechas de terracería, y de la misma forma con las demás poblaciones y localidades del municipio. Los habitantes de la cabecera municipal recurren para su transportación a los servicios que brindan vehículos de transporte público; para el traslado a otras localidades algunas personas realizan el viaje en vehículos particulares, y dependiendo de la cercanía, a pie o caballo.

4.2.6.9. Servicios públicos

Como puede apreciarse en el cuadro que se incluye más adelante, las viviendas en el municipio de Dolores Hidalgo, en su gran mayoría cuentan con los servicios básicos como son: agua entubada, energía eléctrica, drenaje y servicio sanitario, se realiza en la cabecera municipal mantenimiento urbano, recolección de basura y pavimentación en las localidades más importantes del municipio, es indudable que en las rancherías se acentúa la falta de servicios públicos.

En el cuadro siguiente se presenta la urbanización de la localidad de Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional con respecto a los servicios públicos en la cabecera municipal de acuerdo a los datos censales del Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI, cabe mencionar que independientemente de los servicios listados en el cuadro, el municipio atiende los servicios de panteones, recolección de basura y mercados.

Tabla IV. 43. Servicios Públicos en Dolores Hidalgo.

Servicios públicos	Cobertura (%)
Agua potable	90
Energía eléctrica	90
Drenaje	77
Sanitario	80
Seguridad pública	70
Alumbrado publico	70
Pequeño comercio	40

4.2.6.10. Salud

En la cabecera municipal, la comunidad cuenta con atención medica de los Hospitales del IMSS, ISSTE respectivamente, además de un Hospital General dependiente de la Secretaria de Salud del Estado de Guanajuato, donde se prestan servicios de consulta, partos, vacunación, pequeñas cirugías y curaciones; además de los hospitales de las instalaciones mencionadas, en Dolores Hidalgo se cuenta con clínicas particulares de diferentes de especialidades, mientras que en las comunidades rurales se recibe atención médica por parte de las campañas IMSS-Solidaridad.. En los casos de que se requiera atención médica especializada, los pacientes acuden a la ciudad de Guanajuato o al municipio de León donde se ubican centros hospitalarios tanto del IMSS como del ISSSTE de primer nivel.

En el municipio se cuenta con un total de 20 unidades de servicio médico de la que 1 pertenece al IMSS, a al ISSSTE y 18 de la Secretaria de Salud de Guanajuato.

Tabla IV. 44. Población con derechos de salud.

Servicios de Salud	Dolores Hidalgo C. de la I. N.	San Antón de las Minas	Santa Bárbara	San Isidro del SISOTE
Población derechohabiente a servicios de salud	40,483	391	451	309
Población sin derechohabiencia a servicios de salud	18,015	79	102	57
Población derechohabiente del IMSS	10,182	-	2	-
Población derechohabiente del ISSSTE	6,327	-	-	-
Población derechohabiente del ISSSTE Estatal	92	-	-	-
Población derechohabiente del Seguro Popular	22,819	31		309

4.2.6.11. Religión

Con base a estadísticas del INEGI la gran mayoría de las localidades que se relacionan con la zona minera de interés cuentan con una iglesia, donde la religión que predomina es la católica, para un 96.44% de los habitantes mayores de 5 años del municipio, siguiendo los pobladores con religión no católica que representa el 1.54% y los que no practican religión alguna con un 0.62%.

4.2.6.12. Educación

En el municipio se cuenta con instalaciones desde la enseñanza preescolar hasta secundaria y bachillerato. Los habitantes que aspiren a un nivel de educación media o superior de mayor calidad se ven forzados a trasladarse a la ciudad de Guanajuato u opcionalmente a otros estados dependiendo de la vocación profesional.

La infraestructura de educación cuenta con los siguientes planteles:

- Escuelas de Educación Especial 2
- Escuelas de Educación Inicial 10
- Jardín de Niños (preescolar) 218
- Escuelas primarias 247
- Escuelas Secundarias /telesecundarias 78
- Escuelas Técnicas 3
- Bachillerato Tecnológico y Video bachillerato 18
- Universidad Particular 3

Como se puede concluir del cuadro que se incluye a continuación, se presenta un rezago educacional del 6.73% de la población, es analfabeta, considerándose un alto porcentaje puesto que la población comprende niños y adultos mayores.

Tabla IV. 45. Alfabetismo

Comunidad/Localidad	Sabe Leer y escribir		TOTAL	No sabe leer ni escribir		TOTAL
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres	
Dolores Hidalgo C. de la I.N.	23274	26523	49797	998	1811	2809
Adjuntas del Río	428	449	877	36	47	83
Cieneguilla	112	123	235	22	28	50
Coecillo	171	190	361	16	25	41
Ejido de Cieneguilla	86	104	190	45	38	83
El capulín	165	153	318	13	10	23
El gusano	136	150	286	23	24	47
El saucillo (El Saucito)	222	242	464	32	37	69
Ejido Dolores	323	335	658	15	27	42
La Erre	261	257	518	7	29	36
La Palmilla	159	159	318	12	21	33
Los Quiotes	95	96	191	21	17	38
Mesa de López	91	110	201	6	15	21
San Antón de las Minas	193	162	355	32	26	58
San Antón del Llanito	151	168	319	21	26	47
San Cristóbal	140	146	286	3	8	11
San Francisco de la Erre	167	164	331	16	26	42
San Isidro de la Estacada	378	441	819	66	60	126
San Isidro del Sisote	89	149	238	42	49	91
San José de la Palma	258	302	560	16	42	58
San Marcos de Abajo	198	213	411	18	26	44
San Martín de los Terreros	255	240	495	44	62	106
San Nicolás de Arroyo Seco	198	229	427	28	32	60
Santa Bárbara	220	230	450	14	33	47
Xoconoxtito del Llanito	173	186	359	41	54	95
Xoconoxtle de Rematálo	140	155	295	24	29	53
Xoconoxtle del Grande	327	419	746	63	88	151
Total	**28,410**	**32,095**	**60,505**	**1674**	**2,690**	**4,364**

4.2.6.13. Marginación y pobreza

El estado de Guanajuato ocupa el lugar 14 a nivel nacional, con un índice medio de marginación en el municipio de Dolores Hidalgo, el cual presenta un grado de marginación medio, ocupando en el contexto estatal el lugar 11 (de 46 municipios) y en el contexto nacional ocupa el lugar 1,317.

La mayoría de las poblaciones del municipio se encuentran afectadas por esa marginación, siendo que esta se conceptualiza como baja y muy baja, señalando situación preocupante para la región.

Para las localidades que se encuentran cercanas a la zona de influencia de las instalaciones mineras se tiene un grado de marginación muy bajo, posiblemente debido la escasa infraestructura industrial lo que trae como consecuencia a una baja actividad económica. (Fuente: CONAPO).

De acuerdo con la metodología para medir la pobreza por ingresos, se definen tres niveles:

- Pobreza alimentaria: Incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria, aun si se hiciera uso de todo el ingreso disponible en el hogar para comprar sólo los bienes de dicha canasta.
- Pobreza de capacidades: Insuficiencia del ingreso disponible para adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar los gastos necesarios en salud y educación, incluso utilizando el ingreso total de los hogares nada más que para estos fines.
- Pobreza de patrimonio: Insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar se utilice exclusivamente para adquirir estos bienes y servicios.

De acuerdo a datos estadísticos se tiene que, para el Estado de Guanajuato, el índice de pobreza alimentaria del 17.4%, de capacidades el 24.7% y patrimonial del 51.9%, por lo que en cuanto a índice de rezago social se tiene un nivel Medio, ocupando el lugar 11 en el contexto nacional para el año 2008.

En el mismo tenor el municipio de Dolores Hidalgo, el índice de pobreza alimentaria es del 34.6%, de capacidades del 44.7% y el patrimonial del 69.9%, con un índice de rezago social Bajo, ocupando el lugar 1,271 a nivel nacional para el 2005.

Por lo expuesto anteriormente, particularmente la información de salarios mínimos y los índices oficiales de marginación que se indican para el estado, en el municipio de Dolores Hidalgo el nivel de pobreza es Bajo, mientras que, en la localidad específica de Dolores Hidalgo, cabecera municipal, se tiene que el nivel de la pobreza alimentaria es Muy bajo; de acuerdo a las fuentes de información CONAPO y CENEVAL

4.2.7. Paisaje

El paisaje es concebido como una combinación del fenosistema (conjunto de componentes perceptibles en forma de panorama) y el criptosistema (conjunto de factores causales que subyacen al fenosistema y difícilmente son perceptibles) (González Bernáldez, 1981). De este modo, se puede establecer una distinción entre dos tipos de paisaje: primero, el paisaje total, que se identifica con el medio y las relaciones entre ecosistemas, y, segundo, el paisaje visual, que abarca la percepción por parte del observador (Bruschi 2007; García Moruno 1998; González 2000; Muñoz-Pedreros 2004).

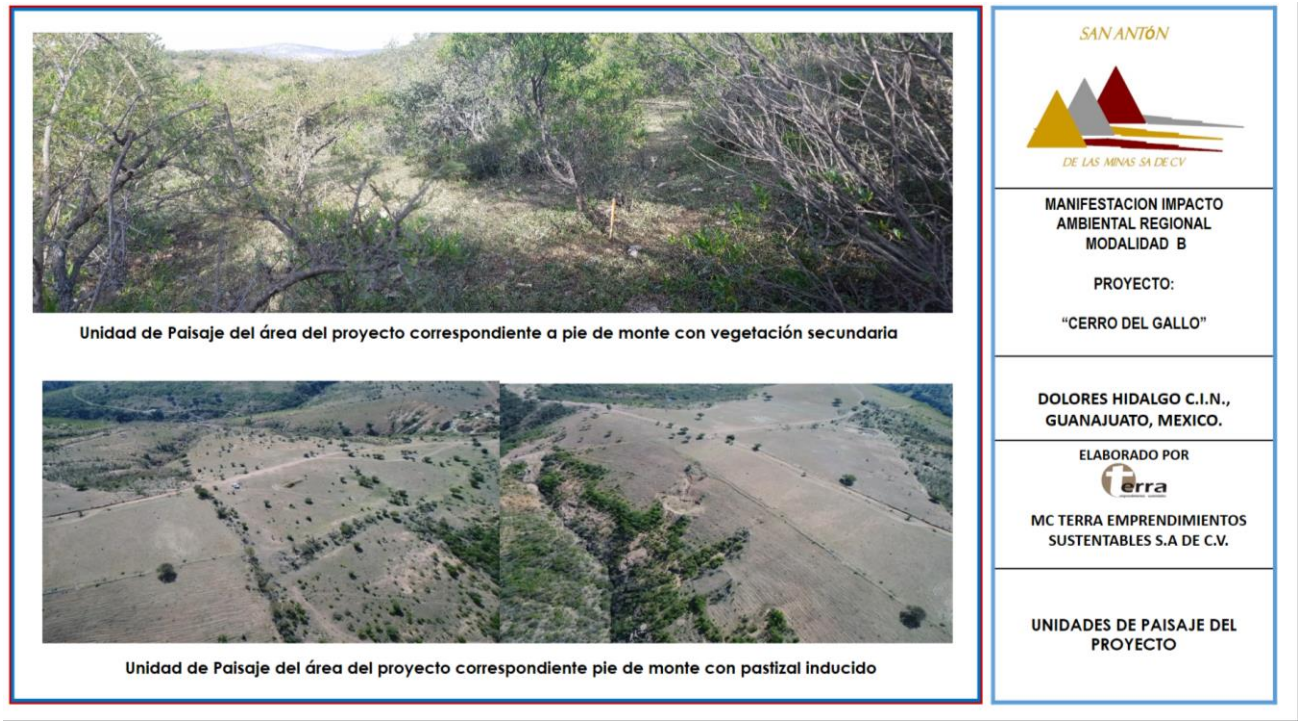
Por lo tanto, para poder valorar el paisaje es importante saber cuáles son los elementos que lo componen, cómo se interrelacionan entre sí, cuál es su dinámica, para así estar en disposición de valorarlo por su calidad intrínseca y no sólo por su belleza, cualidad de notable subjetividad sujeta a la interpretación del individuo.

Es de este modo que, para hacer la evaluación o análisis de paisaje del sitio del proyecto, se consideraron los siguientes aspectos:

Visibilidad. Espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. De esta manera, se determinó que el SAR en el que se desarrollará el proyecto se encuentra en el municipio de Dolores Hidalgo dentro del estado de Guanajuato. El paisaje dentro del área de estudio se encuentra principalmente sobre lomeríos a pie de monte, donde la vegetación está fragmentada tanto para el aprovechamiento agropecuario.

De este modo, las dos unidades paisajísticas diferenciadas determinaron que la matriz corresponde a lomerío a pie de monte con vegetación de Bosque de Encino, Lomerío a pie de monte con pastizal inducido y Lomerío a pie de monte con vegetación secundaria arbustiva.

Figura IV. 32. Unidades de paisaje del proyecto



4.2.7.1. Calidad paisajística.

Incluye tres aspectos de percepción que a continuación se describen:

a) Las características intrínsecas del sitio, que se definen en función de la morfología, vegetación, puntos de agua y rasgos paisajísticos sobresalientes.

b) La calidad visual del entorno inmediato, situado a cierta distancia visual, y en ella se aprecian valores como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua, etc.

c) La calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto.

Por lo tanto, la calidad paisajística referida en términos de la visibilidad parte de la condición de que, desde determinados sitios del Proyecto, se perciben rasgos paisajísticos (puntos visibles sobre los elementos topográficos más cercanos y

significativos). Así, desde el interior del AP, el paisaje se encuentra sujeto a las limitaciones del ojo humano.

En la tabla siguiente, se presenta la evaluación de los componentes paisajísticos, su valoración y la puntuación para el sitio del proyecto, mientras que en la, se describe la escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual.

Tabla IV. 46. Evaluación de los componentes paisajísticos, su valoración y la puntuación para el sitio del proyecto.

Componente	Criterios de Valoración y Puntuación						Proyecto
	Criterio	Valor	Criterio	Valor	Criterio	Valor	
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado. Prominente (acantilados, agujas grandes, formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo muy similar y dominante	5	Formas erosivas interesantes o relieve variando en tamaño y forma y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3	Colinas suaves, fondos de valle, planos, pocos o ningún detalle singular.	1	5
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	5	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos	3	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación	1	3
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara. Aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	5	Agua en movimiento o en reposo pero no dominante en el paisaje	3	Ausente o inapreciable	0	3
Color	Combinación de color intensas y variadas o contrastes agradables	5	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante	3	Poca variación de color o contraste, colores apagados	1	3
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	5	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	3	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto	0	3
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna o vegetación excepcional	6	característico, aunque similar a otros en la región	2	Bastante común en la región	1	2
Actuación humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	5	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual	2	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	0	2
						∑=	21

Tabla IV. 47. Escala de referencia utilizada para determinar la clase de calidad visual.

Clase	Rango de Puntuación	Descripción
A	19 a 33	Área de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes
B	12 a 18	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales
C	0 a 11	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura

El puntaje del área para la calidad visual es de 21 puntos, que lo cataloga en la clase A, correspondiente a áreas de calidad escénica alta, es decir, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.

Tabla IV. 48. Factores de paisaje considerados para la evaluación del CAV.

Factor	Condiciones	Valores		Proyecto
		Nominal	Numérico	
Pendiente (s)	Inclinado (Pendiente > 55 %)	Bajo	1	2
	Inclinación suave (Pendiente de 25 - 55 %)	Moderado	2	
	Poco Inclinado (Pendiente de 0 - 25 %)	Alto	3	
Diversidad de vegetación (D)	Diversificada e interesante	Alta	3	2
	Diversidad media, repoblaciones	Media	2	
	Zonas degradadas, pastizales, prados, matorrales sin vegetación o mono específica	Baja	1	
Estabilidad del suelo y Erosionabilidad	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1	2
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Moderado	2	
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3	
Contraste suelo / vegetación (V)	Alto contraste visual entre suelo y vegetación	Alto	3	2
	Contraste moderado entre suelo y vegetación	Moderado	2	
	Contraste visual bajo entre el suelo y vegetación, o sin vegetación	Bajo	1	
Potencia de regeneración de vegetación (R)	Potencial bajo o sin vegetación	Bajo	1	2
	Potencial moderado	Moderado	2	
	Potencial alto	Alto	3	
Contraste suelo /roca (C)	Contraste alto	Alto	3	2
	Contraste moderado	Moderado	2	
	Contraste bajo o inexistente	Bajo	1	
			∑=	12

Fragilidad del paisaje. Es la capacidad del paisaje para absorber los cambios que ahí se produzcan. Se determinó que el sitio donde se ubicará el proyecto tiene una moderada capacidad para absorber cambios por la introducción de elementos artificiales, principalmente en el Área del Proyecto, ya que la vegetación secundaria, así como las tierras de pastoreo, abarca la mayor parte del paisaje en la zona, su regeneración está directamente ligada a la disponibilidad de recursos como el agua la cual se encuentra limitada en la región. No obstante, el resultado obtenido se compara con una escala de

referencia que representa los factores considerados, las condiciones en las que se presentan y los puntajes asignados a cada condición.

Tabla IV. 49. Escala de referencia CAV.

Escala de Capacidad de Absorción Visual	
Bajo	< 15
Moderado	15 a 30
Alto	> 30

La suma de los factores del paisaje considerados para la evaluación del CAV es doce. Con los valores obtenidos se aplicó la siguiente relación:

$$CAV = S*(E+R+D+C+V),$$

Dónde: S=Pendientes; E=Erosionabilidad del suelo; R=Vegetación, potencial de regeneración; D= Diversidad de vegetación; C=Contraste suelo/roca; V=Contraste suelo/vegetación.

$$CAV = 2 *(2+2+2+2+2) =20$$

El valor de CAV obtenido (20) indica que el área corresponde a una zona fragilidad paisajística media, cuyos elementos se encuentran condicionados a las evidencias de alteración y condiciones ambientales en gran parte del SAR.

4.3. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso de suelo propuesto.

Para definir de manera adecuada los servicios ambientales referentes a este capítulo, es necesario tomar en consideración lo que establece la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Capitulo II, artículo 7, fracción XXXIX, que define a los Servicios Ambientales como aquellos que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, y reconoce los siguientes servicios:

- Provisión de agua en calidad y cantidad;
- Captura de carbono, contaminantes y componentes naturales;
- Generación de oxígeno;
- Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales;
- Modulación o termorregulación climática;
- Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida;
- Protección y recuperación de suelos;
- El paisaje y la recreación

El proyecto contempla una serie de medidas preventivas, de mitigación, compensación y restauración, para disminuir cualquier riesgo que pudiera provocarse en los servicios ambientales.

Los ecosistemas de una cuenca brindan numerosos servicios ambientales, no sólo a la zona en la que se encuentran, sino también a regiones cercanas y, de manera indirecta, al resto del país. Entre estos servicios se cuentan la regulación de los ciclos biogeoquímicos (captura de carbono y generación de oxígeno), el mantenimiento de los flujos hidrológicos, la recarga de los acuíferos, el mantenimiento de la productividad biológica y la biodiversidad, la regulación climática, la oferta de agua dulce, la protección y recuperación de suelos, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, el reciclaje de nutrientes y la generación de espacios habitables para las poblaciones humanas.

Determinación del nivel de riesgo

Para la asignación de un valor a los impactos ambientales que afectarán o no al ecosistema, se realiza un análisis en el que se le asigna un valor al nivel de riesgo, el objetivo es tener el control para que dicha afectación se pueda contrarrestar. La tabla siguiente muestra los valores que se utilizaron para calificar el nivel de riesgo en los diferentes servicios ambientales.

Tabla IV. 50. Valores del nivel de riesgo en los diferentes servicios ambientales

Valor	Nivel de riesgo
1 a 2	Irrelevante
3 a 4	Leve
5 a 6	Moderado
7 a 8	Severo
9 a 10	Crítico

La identificación de los servicios ambientales que proporciona el ecosistema son de suma importancia para determinar la afectación que pudiera generar el desarrollo del proyecto, el nivel de riesgo y su importancia a nivel de Sistema Ambiental Regional, de esta manera se pueden generar medidas correctivas eficaces. La siguiente tabla muestra la función, descripción y niveles de afectación y riesgo por servicio ambiental.

Tabla IV. 51. Servicios Ambientales

SERVICIO AMBIENTAL	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	AFECTACIÓN POR EL PROYECTO	IMPORTANCIA A NIVEL CUENCA	NIVEL DE RIESGO
Provisión de agua en calidad y cantidad	Almacenamiento y retención de agua	Regulación del ciclo del agua que influye en la provisión y disponibilidad en el área, tanto para los animales como para riego local.	Sí	Leve	4
Captura de carbono, contaminantes y componentes naturales	Secuestro de carbono, contaminantes y componentes naturales	Capacidad actual del ecosistema para capturar carbono, contaminantes y componentes naturales; está previsto introducir medidas de compensación para la perdida de los volúmenes forestales.	Si	Leve	4
Generación de oxigeno	Producción de oxigeno	Capacidad actual de la vegetación en usar el gas carbónico en la fotosíntesis y convertir el dióxido de carbono ($C0_2$) en oxígeno, está previsto llevar a cabo reforestaciones descritas a detalle en el programa de reforestación.	Sí	Leve	4
Amortiguamiento del impacto de los	Regulación de disturbios	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales,	Si	Irrelevante	1

SERVICIO AMBIENTAL	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	AFECTACIÓN POR EL PROYECTO	IMPORTANCIA A NIVEL CUENCA	NIVEL DE RIESGO
fenómenos naturales		brindando protección de tormentas, sequías, etc.			
Modulación y/o regulación climática	Regulación de procesos biológicos mediados por el clima	Está relacionado con la vegetación, ya que la ausencia de esta hará que en esa zona no se presente este servicio.	Sí	Leve	3
Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida	Conservar las especies biológicas	la reducción de las Interacciones durables entre las especies y su ambiente inmediato, aunque el área afectada es pequeña en relación con la superficie del SAR, se propone realizar el rescate de flora y fauna silvestre con algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cactáceas y especies de lento crecimiento y desplazamiento	Si	Moderado	5
Protección y recuperación de suelos	Control de la erosión y formación de suelo	La reducción es significativa porque a pesar de que el área afectada también se minimiza, está previsto introducir medidas de restauración, conservación y protección del suelo descritas a detalle en el programa de protección y restauración de suelo.	Sí	Leve	4
El paisaje y la recreación	Armonizar las interacciones de componentes vivo e inertes	La remoción de la vegetación incide en la alteración del paisaje a nivel área inmediata del área del proyecto, paisaje que no se verá afectado en cuanto a la perdida de vegetación y formas orográficas.	Sí	Leve	3

Provisión de agua en cantidad y calidad

Uno de los servicios ambientales más importantes ya que el agua es un elemento esencial en todo ser vivo, y de su calidad y cantidad dependerá la abundancia y salud de la flora y fauna del lugar y la disponibilidad para uso del ser humano.

Provisión de agua en calidad

Para conservar la calidad de agua actual se están proponiendo medidas preventivas como es el uso de baños portátiles y contenedores de residuos sólidos urbanos, esto con el propósito de evitar o reducir los riesgos de contaminación por depósito de desechos corporales y de basura sobre el área sujeta a CUSTF, así mismo se propone al interior del área del CUSTF específicamente la siembra de vegetación de matorral subtropical para favorecer la calidad del agua y favorecer la infiltración, todas estas medidas se pueden observar a detalle en el Capítulo VI de lA presente MIA-P.

Provisión de agua en cantidad

Para la provisión de agua en cantidad como servicio ambiental, es el Sistema Ambiental Regional la que conforma la unidad de elementos bióticos y abióticos que forman un

ecosistema y los procesos generados por la interacción de todos ellos es lo que hace posible el poder tener este servicio. Por ello la estructura, el funcionamiento y la conservación son determinantes en el lograr satisfacer las demandas del servicio como la disponibilidad de agua potable para consumo humano o para actividades productivas como la agropecuaria.

Es de suma importancia mencionar que existen algunas variables que inciden en la provisión de agua en cantidad en una unidad ambiental como son:

- Precipitación del área
- Formas del relieve (geomorfología)
- Tipo de vegetación (cobertura)
- Uso de suelo (si altera, remueve o disminuye la vegetación, la evapotranspiración cambia)

De acuerdo con la variación de estas variables, cambia la cantidad de agua que se evapotranspira, cantidad de escurrimiento y el volumen que se infiltra.

Seguidamente se muestra la estimación de la Infiltración y el coeficiente de escurrimiento de acuerdo con las variables descritas anteriormente, para el área sujeta a CUSTF.

Memoria de Cálculo del Balance Hídrico Actual en el Sistema Ambiental Regional o SAR

Se considera como un proceso que afecta la cantidad y la distribución del agua en el suelo (Orosco, 2006 citado por Gómez, 2017). La intercepción de la lluvia tiene una relación directamente proporcional con la cobertura vegetal, y en caso de los bosques bajo manejo tiene que ver con el tipo de tratamiento silvícola que se aplica y la intensidad de corta.

En el siguiente cuadro se describen los datos de intercepción de cada tipo de vegetación y uso de suelo, que se encuentra en el SAR, por lo que, para llevar el cálculo de la

intercepción se tuvo que multiplicar la precipitación por uso de suelo en m2, por la cobertura en porcentaje y a la vez por el coeficiente de intercepción. Finalmente se obtiene la intercepción por tipo de suelo en m^3/año.

Tabla IV. 52. Tipos de vegetación y/o usos de suelo en el SAR

Uso de suelo y vegetación SAR	Superficie	Porcentaje
Agricultura de temporal anual	2791.03	32.91%
Área desprovista de vegetación	49.78	0.59%
Pastizal inducido	1229.01	14.49%
Pastizal natural	754.30	8.89%
Sin vegetación aparente	17.81	0.21%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2029.63	23.93%
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1610.26	18.98%
Total	8481.82	100.00%

Balance hídrico del SAR

Según los datos contenidos la precipitación media anual del área.

La fórmula que se utilizó para desarrollar el cálculo del balance hídrico del proyecto es la siguiente:

$$BH = P – (Eva + Esc + Inf)$$

Donde:

BH = Balance Hídrico del SAR

P = Precipitación (volumen precipitado) del SAR

Eva = Evapotranspiración del SAR

Esc = Escurrimiento superficial del SAR

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial fue determinado a través del método de curvas numéricas, propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de 1972, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y adoptado por la Comisión Nacional Forestal en 2004.

El método de las curvas numéricas es una representación general de los coeficientes de escurrimiento medio y máximo instantáneo, y fueron obtenidos por el Servicio de Conservación de Suelos (CSC), basado en la observación de hidrogramas procedentes de varias tormentas en diferentes áreas de los Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición Hidrológica de la cuenca, usos de suelos, con su tratamiento mecánico y condición de humedad antecedente (esta última no considerada en el presente trabajo por falta de datos).

Las curvas numéricas son similares al coeficiente de escurrimiento y fueron obtenidas por el USDA–SCS, con base en la observación de hidrógrafas procedentes de varias tormentas en diferentes cuencas de Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición Hidrológica de la cuenca, uso y manejo del suelo, así como de su antecedente condición de humedad. El cálculo del escurrimiento medio a partir de las curvas numéricas es obtenido mediante las siguientes relaciones:

$$Q = ((P-0.2S)^2 / (P+0.8S))$$

Donde:
Q = escurrimiento medio (mm).
P = precipitación (mm).
S = potencial máximo de retención de humedad (mm).
0.2 y 0.8 = constantes

Esta fórmula solo es válida si $0.2S < P$, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que si no se cumple esto la lluvia es retenida por el suelo y por lo tanto no escurre.

$$S= (25400/CN)-254$$

Donde:

S = potencial máximo de retención de humedad.

CN = curva numérica o número de curva obtenida de tablas.

25400 y 254 = constantes

El valor de las curvas numéricas está determinado por los siguientes factores:

Suelo. El suelo es uno de los factores de mayor incidencia en el escurrimiento; su contenido de materia orgánica y textura son los factores que ayudan de manera importante en la infiltración. El USDA–SCS tomo en cuenta la clase textural de los suelos y su infiltración básica, para agruparlos en cuatro clases (Tabla IV.53).

Tabla IV. 53. Grupos de suelos de acuerdo con sus características

GRUPO DE SUELOS	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm/h.
B	Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm/h.
C	Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que el promedio después de saturación. Ejemplo: suelos migajones arcillosos. Infiltración básica 1-4 mm/h.
D	Suelos con alto potencial de escurrimiento. Por ejemplo, suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica menor 1 mm/h.

Condición Hidrológica o cobertura vegetal del terreno. Este factor considera la cobertura vegetal del terreno, el cual incide directamente sobre la intercepción de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento. Para este factor, se determinaron tres clases de cobertura, así como una serie de parámetros para agruparlas de acuerdo con el uso del terreno (Tabla IV 54).

Tabla IV. 54. Clases de cobertura vegetal.

CLASE DE COBERTURA VEGETAL	
Buena	> De 75%
Regular	50-75%
Mala	< de 50%

Tabla IV. 55. Vegetación y condición Hidrológica.

VEGETACIÓN	CONDICIÓN HIDROLÓGICA
Pastos naturales	En malas condiciones: dispersos, fuertemente pastoreados, con menos que la mitad del área total con cobertura vegetal. En condiciones regulares: moderadamente pastoreados, con la mitad o las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal. En buenas condiciones: ligeramente pastoreados y con más de las tres cuartas partes del área total con cubierta vegetal.
Áreas boscosas	En condiciones malas: tienen arboles dispersos y fuertemente pastoreados. En condiciones regulares: moderadamente pastoreados y con algo de crecimiento. En buenas condiciones: densamente pobladas y sin pastorear.
Pastizales mejorados	En buenas condiciones: pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidado sistema de manejo de pastoreo
Rotación de praderas	En malas condiciones: áreas con material disperso, sobrepastoreado. En buenas condiciones: praderas densas, moderadamente pastoreadas, bajo una adecuada planeación de rotación de cultivos.
Cultivos	En malas condiciones: cultivos manejados con base en monocultivos. En buenas condiciones: cultivos que forman parte de una buena rotación de cultivos (cultivos de escarda, praderas, cultivos tupidos).

Uso del suelo. El uso del suelo es un factor determinante en la estimación del escurrimiento superficial. Por tal motivo se consideran las diferentes prácticas de manejo a que es sometido. Con este último parámetro se compone la tabla para obtener la curva numérica que se utilizará en la formula (Tabla IV. 56).

Tabla IV. 56. Curva numérica para cada uso de suelo y vegetación.

COBERTURA			GRUPO DE SUELOS			
USO DEL SUELO	TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	A	B	C	D
			CURVA NUMÉRICA			
Suelo en descanso	Surcos rectos	-----	77	86	91	94
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Mala	71	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curva a nivel	Mala	70	79	84	88
	Curva a nivel	Buena	65	75	82	86
	Terraza y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curva a nivel	Mala	63	74	82	85
	Curva a nivel	Buena	61	73	81	84
	Terraza y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Mala	66	77	85	85
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curva a nivel	Mala	64	75	83	85
	Curva a nivel	Buena	55	69	78	83
	Terraza y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
	Terraza y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	9	86	89
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80

COBERTURA			GRUPO DE SUELOS			
USO DEL SUELO	TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	A	B	C	D
			CURVA NUMÉRICA			
	Curva a nivel Curva a nivel Curva a nivel	Mala Regular Buena	47 25 6	67 59 35	81 75 70	88 83 79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala Regular Buena	45 36 25	66 60 55	77 73 70	83 79 77
Caminos de tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	74	84	90	92

Nota: (----) la literatura no menciona condición Hidrológica para suelos en descanso.

Obteniendo el valor de la curva numérica, se aplica la fórmula para determinar la retención máxima a partir de la siguiente fórmula:

$$S= (25400/CN)-254$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm).

CN = Curvas numéricas o valor obtenido (Tabla 4).

La retención máxima potencial, expresa el gasto medio en lámina de escurrimiento que se presenta en la Subcuenca HIDROLÓGICA, para una tormenta en particular (se consideró la máxima precipitación del mes más lluvioso), y se determina con la siguiente ecuación:

$$Q = ((P-0.2S)^2 / (P+0.8S))$$

Donde:

Q = escurrimiento medio en mm.

P = precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Para la estimación de los coeficientes parciales, se consideró la precipitación del mes más lluvioso, en este caso fue el mes de julio con una precipitación media de 128.8 mm.

Esta fórmula solo es válida si 0.2S < P, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que, si no se cumple esto, la lluvia es retenida por el suelo y por lo tanto no escurre.

La obtención de los coeficientes parciales de escurrimiento se origina de dividir el gasto medio escurrido, entre la precipitación del mes más lluvioso, como se presenta en la Tabla IV. 57.

Tabla IV. 57. Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación en el SAR.

Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación							
NO.	TIPO DE VEGETACIÓN	GRUPO SUELOS	PP. MES MÁS LLUVIOSO (mm)	CURVA NUMÉRICA	RETENCIÓN MÁXIMA POTENCIAL (S)	GASTO MEDIO ESCURRIDO (mm) Q	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)
1	Agricultura de temporal anual	B	128.8	86	41.35	89.74	0.70
2	Área desprovista de vegetación	B	128.8	82	55.76	79.82	0.62
3	Pastizal inducido	B	128.8	67	125.10	47.05	0.37
4	Pastizal natural	B	128.8	67	125.10	47.05	0.37
5	Sin vegetación aparente	B	128.8	82	55.76	79.82	0.62
6	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	B	128.8	66	130.85	45.11	0.35
7	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	B	128.8	66	130.85	45.11	0.35

Una vez determinados los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación, se procedió a realizar el cálculo del escurrimiento (Tabla IV. 58) el cual se obtiene multiplicando la superficie, por la precipitación media anual y por el coeficiente parcial, la unidad de medida es (m^3/año).

Tabla IV. 58. Escurrimiento superficial por tipo de vegetación presentes en la Microcuenca.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DE LA LLUVIA EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN						
NO.	TIPO DE VEGETACIÓN	ÁREA (ha)	ÁREA (m2)	pp MEDIA ANUAL (m)	COEFICIENTE "C"	ESCURRIMIENTO (m3/año)
1	Agricultura de temporal anual	2791.03	27910300	0.565	0.69	10869742.56
2	Área desprovista de vegetación	49.78	497800	0.565	0.62	174301.46
3	Pastizal inducido	1229.01	12290100	0.565	0.37	2536840.70
4	Pastizal natural	754.3	7543000	0.565	0.37	1556975.89
5	Sin vegetación aparente	17.81	178100	0.565	0.62	62360.57
6	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2029.63	20296300	0.565	0.35	4016550.68
7	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1610.26	16102600	0.565	--	--
TOTAL		**8481.82**	**84,818,200.00**	**C ponderada**	**0.50**	**19,216,771.86**

Infiltración

De la lluvia que llega a la superficie del suelo, una fracción de ella se infiltra, otro escurre y una pequeña fracción queda en charcos, que termina evaporándose o infiltrándose. Sin embargo, la única fracción de lluvia con potencial a infiltrarse es la que llega a la superficie del suelo. Otra fracción de lluvia a considerar es la intercepción por follaje de plantas. Se estima que, en cada lluvia torrencial, el follaje venciendo la gravedad y el viento, intercepta cerca de 1.3 mm. Sin embargo, el follaje intercepta generalmente el 12% de la lluvia anual (Butler, 1957).

Para estimar la cantidad de agua que potencialmente se infiltra en un área determinada, el manual de instrucciones de estudios hidrológicos realizado por las Naciones Unidas, proponen la siguiente ecuación para el análisis del coeficiente de infiltración aparente, que corresponde a la fracción de lluvia que aparentemente se infiltra:

$$C = (Kp+Kv+Kfc)$$

Donde:

C = Coeficiente de infiltración.

Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.

Kv = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.

Kfc = Fracción que infiltra por efecto de textura de suelo.

Las variables arriba señaladas pueden tomar los valores que se señalan en la Tabla IV.59.

Tabla IV. 59. Valores Kfc, kp y kv en función de la textura, pendiente y tipo de vegetación.

VALORES PARA LA VARIABLE Kfc FRACCIÓN QUE INFILTRA POR TEXTURA DEL SUELO	
0.10	Arcilla compacta impermeable
0.15	Combinación de limo y arcilla
0.20	Suelo limo arenoso no muy compacto
VALORES PARA LA VARIABLE Kp FRACCIÓN QUE INFILTRA POR EFECTO DE LA PENDIENTE	
0.30	0.02% a 0.06%
0.20	0.3% a 0.4%
0.15	1% a 2%
0.10	2% a 7%
0.06	> 7%
VALORES DE LA VARIABLE Kv FRACCIÓN QUE INFILTRA POR EFECTO DE COBERTURA VEGETAL	
0.09	Cobertura con zacate o herbáceas (menos de 50%)
0.10	Terrenos cultivados
0.18	Cobertura con pastizal o herbáceas (de 50 a 75%)
0.20	Bosque
0.21	Cobertura con zacate o herbáceas (más de 75%)

Para determinar el agua que potencialmente se infiltra se emplea la siguiente expresión:

$$I = (1 - Ki)CP$$

Donde:

C = Coeficiente de infiltración

I = Infiltración

Ki = Intercepción por el follaje

P = Precipitación (media anual)

1 = Constante

Considerando los valores propuestos por la ONU y las variables de las condiciones actuales tomarán los siguientes valores para cada tipo de vegetación (Tabla IV.60).

Tabla IV. 60. Valores de k por tipo de vegetación presentes en el SAR.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (USV)	SUPERFICIE(Ha)	GRUPO SUELOS	CURVA NUMÉRICA	kfc	Kp	PENDIENTE DEL TERRENO (%)	Kv
Agricultura de temporal anual	2334.38	B	86	0.10	0.10	2-7%	0.10
Área desprovista de vegetación	15.54	B	82	0.10	0.06	>7%	0.09
Pastizal inducido	1796.35	B	67	0.15	0.10	2-7%	0.18
Pastizal natural	749.70	B	67	0.15	0.06	>7%	0.09
Sin vegetación aparente	52.05	B	82	0.10	0.06	>7%	0.09
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	1230.80	B	66	0.20	0.06	>7%	0.20
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	945.00	B	66	0.20	0.06	>7%	0.20

Por último, se aplica la fórmula para calcular el volumen de infiltración tomando en cuenta que la precipitación media anual de la Microcuenca es de 565.00 mm/año.

Tabla IV. 61. Infiltración por tipo de vegetación presente en la Microcuenca.

INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN				
TIPO DE VEGETACIÓN	AGUA QUE POTENCIALMENTE SE INFILTRARÍA (l/ha)	SUPERFICIE (m2)	AGUA QUE POTENCIALMENTE SE INFILTRA (m3)	EXPRESADO EN (m3/ha/año)
Agricultura de temporal anual	169.50	23,343,800.00	3,956,774.10	1,695.00
Área desprovista de vegetación	141.25	155,400.00	21,950.25	1,412.50
Pastizal inducido	242.95	17,963,500.00	4,364,232.33	2,429.50
Pastizal natural	169.50	7,497,000.00	1,270,741.50	1,695.00
Sin vegetación aparente	141.25	520,500.00	73,520.63	1,412.50
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	259.90	12,308,000.00	3,198,849.20	2,599.00
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	259.90	9,450,030.00	2,456,062.80	2,599.00
TOTAL	**1,384.25**	**71,238,230.00**	**15,342,130.80**	**13,842.50**

Evapotranspiración real (ETR)

La evapotranspiración es el proceso que representa la mayor pérdida de agua en la Microcuenca, por efecto de la evaporación del suelo y la traspiración de las plantas. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969), para posteriormente obtener la evapotranspiración real aplicando el método de Blanney-Criddle.

El método de Thornthwaite (1948), calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales a través de la siguiente fórmula;

$$ETP=16Ka\ (10Tj/I)\ a$$

Donde:

ETP = ETP en el mes j, en mm.

Tj = Temperatura media en el mes j, en ºC.

I, a = Constantes.

Ka = Factor de corrección de la duración del día de acuerdo con la latitud (Tabla IV.62).

16 = Constante.

Tabla IV. 62. Valores de Ka (factor de corrección), de acuerdo con la latitud y el mes del año.

LATITUD EN GRADOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	**0.95**	**0.90**	**1.03**	**1.05**	**1.13**	**1.11**	**1.14**	**1.11**	**1.02**	**1.00**	**0.93**	**0.91**
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Fuente: Aparicio (1992).

Las constantes “I” (índice de eficiencia de temperatura), y “a” se calcula de la siguiente forma:

$$I = \sum_{j=1}^{n} ij$$

Donde:

i j = Índice de calor mensual y j = número de mes.

ij= (Tj/5)1.514,

a = (0.92621/2.42325-log i)

Para la obtención de los datos de ETP mensual, se utilizan los datos de temperatura media mensual para sustituirlos en la fórmula de Thornthwaite y obtener los valores de cada uno de los elementos de la fórmula.

Con la fórmula del índice de calor mensual se obtuvo el valor para cada uno de los meses (Tabla IV.64), luego sumando los valores, se obtuvo el índice de calor anual el cual es utilizado en la fórmula de ETP.

Tabla IV. 63. Índice de calor mensual para cada uno de los meses.

Mes	Temperatura Media Mensual (C) (Tj)	Índice de calor mensual (i)
ENE	22.56	9.79
FEB	23.00	10.08
MZO	25.40	11.71
ABR	27.00	12.85
MAY	28.00	13.58
JUN	27.00	12.85
JUL	26.22	12.29
AGO	26.30	12.35
SEPT	25.90	12.06
OCT	25.14	11.53
NOV	23.98	10.74
DIC	23.00	10.08
TOTAL	**20.58**	**139.90**

El valor de la constante “a” se obtiene sustituyendo el valor del índice de calor anual en la fórmula presentada anteriormente:

a = (0.92621) / (2.42325-LOG (139.90)) = 3.34

Después de haber obtenido todos los componentes de la fórmula de ETP, se sustituyen los valores en la fórmula para generar la ETP mensual, y finalmente obtener la ETP anual.

Tabla IV. 64. Evapotranspiración potencial mensual y anual presentes en la Microcuenca.

Índice de calor mensual (i)	(Factor de correccion) Horas luz de acuerdo a la latitud (Ka)	ETP mensual
9.79	0.95	74.93
10.08	0.90	75.71
11.71	1.03	120.69
12.85	1.05	150.87
13.58	1.13	183.33
12.85	1.11	159.49
12.29	1.14	148.53
12.35	1.11	146.10
12.06	1.02	127.56
11.53	1.00	113.22
10.74	0.93	89.93
10.08	0.91	76.56
139.90	**-**	**1,466.93**

La tabla IV.63 muestra que la ETP es de 1,466.93 mm/anuales que representa la demanda evaporativa de la atmósfera, pero el dato que requerimos es la evapotranspiración real (ETR), es decir, la que ocurre de acuerdo con las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas de suelos y manejo del terreno.

Estimación de la ETR

Para el presente estudio interesa conocer la ETR, determinada por el método de Blanney-Criddle, que considera el tipo de vegetación o cobertura presente en la zona, ya

que cada especie tiene diferentes valores de evapotranspiración debido a los diferentes procesos fisiológicos.

Para estimar la evapotranspiración durante un ciclo vegetativo completo se empleó la fórmula:

$$Et = KgF$$

Donde:

Et = Evaporación durante el ciclo vegetativos (mm).

F = Factor de temperatura y luminosidad.

Kg = Coeficiente global de desarrollo.

El coeficiente global de desarrollo Kg toma valores entre 0.5 y 1.2, dependiendo de los tipos de vegetación presentes en la Microcuenca.

El factor de temperatura y luminosidad (F) se calculó de la siguiente manera.

$$F = \sum_{j=1}^{n} fi$$

Donde:

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

fi= Pi((Ti+17.8) /21.8)

Pi= Porcentaje de horas de sol del mes i con respecto al año.

Ti= Temperatura media del mes i º C.

17.8 y 21.8 = Constantes.

En el ANEXO 11-06 BALANCE HIDRICO EN EL SAR se presentan los coeficientes globales de desarrollo (Kg) para los distintos usos de suelo y vegetación presentes en el SAR.

Los valores de Pi, que es el porcentaje de horas luz de los meses con respecto al año, se tomaron de la Tabla IV.65.

Tabla IV. 65. Porcentaje de horas luz de los meses con respecto al año, de acuerdo con la latitud.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	**7.74**	**7.26**	**8.41**	**8.53**	**9.14**	**9.00**	**9.23**	**8.95**	**8.29**	**8.17**	**7.59**	**7.66**
21°	7.7	6.98	8.41	8.56	9.2	9.08	9.3	8.98	8.29	8.13	7.52	7.6
22°	7.66	6.95	8.41	8.58	9.24	9.12	9.34	9.01	8.29	8.11	7.48	7.56
23°	7.62	6.93	8.4	8.6	9.28	9.17	9.38	9.03	8.29	8.09	7.45	7.51
24°	7.57	6.91	8.4	8.61	9.32	9.22	9.42	9.06	8.3	8.07	7.41	7.46
25°	7.53	6.88	8.39	8.63	9.36	9.27	9.47	9.09	8.3	8.05	7.37	7.41
26°	7.49	6.86	8.39	8.65	9.4	9.31	9.51	9.12	8.3	8.03	7.33	7.36
27°	7.44	6.84	8.38	8.67	9.44	9.36	9.56	9.14	8.31	8.01	7.29	7.31
28°	7.39	6.81	8.38	8.69	9.48	9.41	9.61	9.17	8.31	7.99	7.25	7.26
29°	7.35	6.79	8.37	8.71	9.52	9.47	9.66	9.2	8.32	7.97	7.21	7.2
30°	7.3	6.76	8.37	8.73	9.57	9.52	9.71	9.23	8.32	7.94	7.16	7.15
31°	7.25	6.74	8.36	8.75	9.61	9.57	9.76	9.26	8.32	7.92	7.12	7.09
32°	7.2	6.71	8.36	8.77	9.66	9.63	9.81	9.29	8.33	7.9	7.08	7.04

Fuente: Aparicio, 2005.

Utilizando los valores de la temperatura media mensual y el porcentaje de horas luz mensual, se sustituyen en la fórmula para calcular Fi, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo, dando como resultado los valores de ETR mensuales (Tabla IV.66).

Tabla IV. 66. Valores de ETR mensuales.

		Et				
Mes	Temperatura Media Mensual (C) (tj)	Kc	fi	BOSQUE	PASTIZAL	AGRICULTURA
Ene	22.56	7.74	14.330	12.90	12.90	7.16
Feb	23.00	7.25	13.569	12.21	12.21	6.78
Mzo	25.40	8.41	16.666	15.00	15.00	8.33
Abr	27.00	8.52	17.509	15.76	15.76	8.75
May	28.00	9.15	19.223	17.30	17.30	9.61
Jun	27.00	9.00	18.495	16.65	16.65	9.25
Jul	26.22	9.25	18.678	16.81	16.81	9.34

Ago	26.30	8.96	18.126	16.31	16.31	9.06
Sept	25.90	8.30	16.638	14.97	14.97	8.32
Oct	25.14	8.18	16.112	14.50	14.50	8.06
Nov	23.98	7.58	14.527	13.07	13.07	7.26
Dic	23.00	7.70	14.411	12.97	12.97	7.21
ETR				**178.46**	**178.46**	**99.14**
Evapotranspiración anual (mm)				**456.054**		
COEFICIENTE DE ETR						
0.311						

Como se puede observar en la Tabla IV.66, en el SAR se tiene una evapotranspiración real de 4,374,656.707 m3 /año.

Tabla IV. 67. Evapotranspiración real en el SAR.

EVAPOTRANSPIRACIÓN EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Tipo de vegetación	**Infiltración (m3)**	**ETR (mm)**	**ETR (m3)**
Agricultura de temporal anual	4,730,795.85	0.311	1470757.959
Área desprovista de vegetación	70,314.25	0.311	21860.010
Pastizal inducido	2,985,879.80	0.311	928280.698
Agricultura de temporal anual	1,278,538.50	0.311	--
Sin vegetación aparente	25,156.63	0.311	7820.948
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	5,275,008.37	0.311	1639948.285
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	4,185,065.74	0.311	1301095.828
TOTAL	**18,550,759.130**	**--**	**5,369,763.727**

Agua retenida

Cabe mencionar que del total de agua que se infiltra, una parte queda retenida en el suelo, otra parte se pierde a través de la evapotranspiración y otra porción llega a la recarga subterránea. De acuerdo con diversos estudios, mencionan que del total de agua que se infiltra al suelo, solo el 1.3% queda retenida.

En la tabla IV.68, se presenta el valor estimado del volumen de agua que queda retenida en el suelo en el SAR.

Tabla IV. 68. Volumen de agua retenida en el SAR.

Infiltración (m3/año)	(%)
18,550,759.130	100.000
241,159.869	1.300

Recarga subterránea

Finalmente se calculó el volumen de agua que llega a la recarga subterránea. Como se mencionó anteriormente, se estima que del total de agua que se infiltra en el SAR, una parte se pierde a través de la evapotranspiración y otra parte queda retenida en el suelo, cuyos valores se calcularon anteriormente y también se presentan en la Tabla IV.69, mientras que el resto del agua se estima que es el volumen que llega al acuífero.

Tabla IV. 69. Recarga subterránea en el SAR.

Infiltración	18,550,759.130	38.71
Evapotranspiración real	5,369,763.727	11.21
Agua Retenida en el suelo	241,159.869	0.50
Recarga subterranea	12,939,835.535	27.00

Balance Hídrico Actual en la superficie sujeta a SAR

Tabla IV. 70. balance hídrico actual del SAR.

ELEMENTO BALANCE HIDRICO	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN (%)
Precipitación	47,922,283.000	100.00
Intercepción	11,609,972.376	24.23
Escurrimiento Superficial	19,216,771.861	40.10
Infiltración	18,550,759.130	38.71
Evapotranspiración real	5,369,763.727	11.21
Agua Retenida en el suelo	241,159.869	0.50
Recarga subterranea	12,939,835.535	27.00

Memoria de Cálculo del Balance Hídrico Actual en la superficie sujeta a CUSTF.

El polígono sujeto a cambio de uso de suelo tiene una superficie de 168.02 has., las cuales, se encuentran el tipo de vegetación 58.58 de vegetación secundaria de bosque pino-encino y 109.44 de vegetación secundaria de pastizal natural, siguiendo la misma metodología se calcula el Balance Hidrológico del CUSTF. La fórmula que se utilizó para desarrollar el cálculo del balance hídrico del proyecto es la siguiente:

$$\boldsymbol{BH = P - (Eva + Esc + Inf)}$$

Donde:

BH = Balance Hídrico en el CUSTF

P = Precipitación (volumen precipitado) en el CUSTF

Eva = Evapotranspiración en el CUSTF

Esc = Escurrimiento superficial e el CUSTF

Inf = Infiltración en el CUSTF

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial fue determinado a través del método de curvas numéricas, propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de 1972, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y adoptado por la Comisión Nacional Forestal en 2004.

El método de las curvas numéricas es una representación general de los coeficientes de escurrimiento medio y máximo instantáneo, y fueron obtenidos por el Servicio de Conservación de Suelos (CSC), basado en la observación de hidrogramas procedentes de varias tormentas en diferentes áreas de los Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición Hidrológica de la cuenca, usos de suelos, con su tratamiento mecánico y condición de humedad antecedente (esta última no considerada en el presente trabajo por falta de datos).

Las curvas numéricas son similares al coeficiente de escurrimiento y fueron obtenidas por el USDA–SCS, con base en la observación de hidrógrafas procedentes de varias tormentas en diferentes cuencas de Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición Hidrológica de la cuenca, uso y manejo del suelo, así como de su antecedente condición de humedad.

El cálculo del escurrimiento medio a partir de las curvas numéricas es obtenido mediante las siguientes relaciones:

$$Q = ((P-0.2S)^2 / (P+0.8S))$$

Donde:
Q = escurrimiento medio (mm).
P = precipitación (mm).
S = potencial máximo de retención de humedad (mm).
0.2 y 0.8 = constantes

Esta fórmula solo es válida si $0.2S < P$, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que si no se cumple esto la lluvia es retenida por el suelo y por lo tanto no escurre.

$$S= (25400/CN)-254$$

Donde:
S = potencial máximo de retención de humedad.
CN = curva numérica o número de curva obtenida de tablas.
25400 y 254 = constantes

El valor de las curvas numéricas está determinado por los siguientes factores:
Suelo. El suelo es uno de los factores de mayor incidencia en el escurrimiento; su contenido de materia orgánica y textura son los factores que ayudan de manera importante en la infiltración. El USDA–SCS tomo en cuenta la clase textural de los suelos y su infiltración básica, para agruparlos en cuatro clases (Tabla IV.53).

Condición Hidrológica o cobertura vegetal del terreno. Este factor considera la cobertura vegetal del terreno, el cual incide directamente sobre la intercepción de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento. Para este factor, se determinaron tres clases de cobertura, así como una serie de parámetros para agruparlas de acuerdo con el uso del terreno (Tabla IV 54).

Uso del suelo. El uso del suelo es un factor determinante en la estimación del escurrimiento superficial. Por tal motivo se consideran las diferentes prácticas de manejo a que es sometido. Con este último parámetro se compone la tabla para obtener la curva numérica que se utilizará en la formula (Tabla IV. 56).

Obteniendo el valor de la curva numérica, se aplica la fórmula para determinar la retención máxima a partir de la siguiente fórmula:

$$S= (25400/CN)-254$$

Donde:
S = Retención máxima potencial de humedad (mm).

CN = Curvas numéricas o valor obtenido (Tabla 4).

La retención máxima potencial, expresa el gasto medio en lámina de escurrimiento que se presenta en la Subcuenca HIDROLÓGICA, para una tormenta en particular (se consideró la máxima precipitación del mes más lluvioso), y se determina con la siguiente ecuación:

$$Q = ((P-0.2S)^2 / (P+0.8S))$$

Donde:
Q = escurrimiento medio en mm.
P = precipitación en mm (para una tormenta en particular).
S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Para la estimación de los coeficientes parciales, se consideró la precipitación del mes más lluvioso, en este caso fue el mes de julio con una precipitación media de 128.8 mm.

Esta fórmula solo es válida si $0.2S < P$, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que, si no se cumple esto, la lluvia es retenida por el suelo y por lo tanto no escurre.

La obtención de los coeficientes parciales de escurrimiento se origina de dividir el gasto medio escurrido, entre la precipitación del mes más lluvioso, como se presenta en la Tabla IV. 71.

Tabla IV. 71. Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación en el CUSTF.

Determinación de los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación							
NO.	TIPO DE VEGETACIÓN	GRUPO SUELOS	PP. MES MÁS LLUVIOSO (mm)	CURVA NUMÉRICA	RETENCIÓN MÁXIMA POTENCIAL (S)	GASTO MEDIO ESCURRIDO (mm) Q	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO (C)
1	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	B	128.8	70	108.86	53.06	0.41
2	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	B	128.8	74	89.24	61.49	0.48

Una vez determinados los coeficientes parciales de escurrimiento por tipo de vegetación, se procedió a realizar el cálculo del escurrimiento (Tabla IV. 72) el cual se obtiene multiplicando la superficie, por la precipitación media anual y por el coeficiente parcial, la unidad de medida es (m^3/año).

Tabla IV. 72. Escurrimiento superficial por tipo de vegetación presentes en CUSTF.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DE LA LLUVIA EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN						
NO.	TIPO DE VEGETACIÓN	ÁREA (ha)	ÁREA (m2)	pp MEDIA ANUAL (m)	COEFICIENTE "C"	ESCURRIMIENTO (m3/año)
1	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	58.58	585,800.00	0.565	0.41	136,350.74
2	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	109.44	1,094,400.00	0.565	0.48	295,203.51
TOTAL		168.02	1680200.00	C ponderada	0.44	431,554.25

Infiltración

De la lluvia que llega a la superficie del suelo, una fracción de ella se infiltra, otro escurre y una pequeña fracción queda en charcos, que termina evaporándose o infiltrándose. Sin embargo, la única fracción de lluvia con potencial a infiltrarse es la que llega a la superficie del suelo. Otra fracción de lluvia a considerar es la intercepción por follaje de plantas. Se estima que, en cada lluvia torrencial, el follaje venciendo la gravedad y el

viento, intercepta cerca de 1.3 mm. Sin embargo, el follaje intercepta generalmente el 12% de la lluvia anual (Butler, 1957).

Para estimar la cantidad de agua que potencialmente se infiltra en un área determinada, el manual de instrucciones de estudios hidrológicos realizado por las Naciones Unidas, proponen la siguiente ecuación para el análisis del coeficiente de infiltración aparente, que corresponde a la fracción de lluvia que aparentemente se infiltra:

C = (Kp+Kv+Kfc)

Donde:
C = Coeficiente de infiltración.
Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente.
Kv = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.
Kfc = Fracción que infiltra por efecto de textura de suelo.

Las variables arriba señaladas pueden tomar los valores que se señalan en la Tabla IV.59.

Para determinar el agua que potencialmente se infiltra se emplea la siguiente expresión:

$$I = (1 - Ki)CP$$

Donde:
C = Coeficiente de infiltración
I = Infiltración
Ki = Intercepción por el follaje
P = Precipitación (media anual)
1 = Constante

Considerando los valores propuestos por la ONU y las variables de las condiciones actuales tomarán los siguientes valores para cada tipo de vegetación (Tabla IV.73).

Tabla IV. 73. Valores de k por tipo de vegetación presentes en el CUSTF.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN (USV)	SUPERFICIE(Ha)	GRUPO SUELOS	CURVA NUMÉRICA	kfc	Kp	PENDIENTE DEL TERRENO (%)	Kv
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	58.58	B	70	0.15	0.06	>7%	0.20
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	109.44	B	74	0.17	0.06	>7%	0.20

Por último, se aplica la fórmula para calcular el volumen de infiltración tomando en cuenta que la precipitación media anual de la Microcuenca es de 565.00 mm/año.

Tabla IV. 74. Infiltración por tipo de vegetación presente en CUSTF.

INFILTRACIÓN DE LA LLUVIA EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN				
TIPO DE VEGETACIÓN	AGUA QUE POTENCIALMENTE SE INFILTRARÍA (l/ha)	SUPERFICIE (m2)	AGUA QUE POTENCIALMENTE SE INFILTRA (m3)	EXPRESADO EN (m3/ha/año)
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	141.25	585,800.00	82,744.25	1,412.50
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	141.15	1,094,400.00	154,478.26	1,411.53
TOTAL	141.20	1,680,200.00	237,222.51	5,820.27

Evapotranspiración real (ETR)

La evapotranspiración es el proceso que representa la mayor pérdida de agua en la Microcuenca, por efecto de la evaporación del suelo y la traspiración de las plantas. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969), para posteriormente obtener la evapotranspiración real aplicando el método de Blanney-Criddle.

El método de Thornthwaite (1948), calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales a través de la siguiente fórmula;

$$ETP=16Ka\ (10Tj/I)\ a$$

Donde:

ETP = ETP en el mes j, en mm.

Tj = Temperatura media en el mes j, en ºC.

I, a = Constantes.

Ka = Factor de corrección de la duración del día de acuerdo con la latitud (Tabla IV.62).

16 = Constante.

Las constantes “I” (índice de eficiencia de temperatura), y “a” se calcula de la siguiente forma:

$$I = \sum_{j=1}^{n} ij$$

Donde:

i j = Índice de calor mensual y j = número de mes.

ij= (Tj/5)1.514,

a = (0.92621/2.42325-log i)

Para la obtención de los datos de ETP mensual, se utilizan los datos de temperatura media mensual para sustituirlos en la fórmula de Thornthwaite y obtener los valores de cada uno de los elementos de la fórmula.

Con la fórmula del índice de calor mensual se obtuvo el valor para cada uno de los meses (Tabla IV.64), luego sumando los valores, se obtuvo el índice de calor anual el cual es utilizado en la fórmula de ETP.

El valor de la constante “a” se obtiene sustituyendo el valor del índice de calor anual en la fórmula presentada anteriormente:

a = (0.92621) / (2.42325-LOG (139.90)) = 3.34

Después de haber obtenido todos los componentes de la fórmula de ETP, se sustituyen los valores en la fórmula para generar la ETP mensual, y finalmente obtener la ETP anual. La tabla IV.63 muestra que la ETP es de 1,466.93 mm/anuales que representa la demanda evaporativa de la atmósfera, pero el dato que requerimos es la evapotranspiración real (ETR), es decir, la que ocurre de acuerdo con las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas de suelos y manejo del terreno.

Estimación de la ETR

Para el presente estudio interesa conocer la ETR, determinada por el método de Blanney-Criddle, que considera el tipo de vegetación o cobertura presente en la zona, ya que cada especie tiene diferentes valores de evapotranspiración debido a los diferentes procesos fisiológicos.

Para estimar la evapotranspiración durante un ciclo vegetativo completo se empleó la fórmula:

$$Et = KgF$$

Donde:
Et = Evaporación durante el ciclo vegetativos (mm).
F = Factor de temperatura y luminosidad.
Kg = Coeficiente global de desarrollo.

El coeficiente global de desarrollo Kg toma valores entre 0.5 y 1.2, dependiendo de los tipos de vegetación presentes en la Microcuenca.

El factor de temperatura y luminosidad (F) se calculó de la siguiente manera.

$$F = \sum_{j=1}^{n} fi$$

Donde:

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

fi= Pi((Ti+17.8) /21.8)

Pi= Porcentaje de horas de sol del mes i con respecto al año.

Ti= Temperatura media del mes i º C.

17.8 y 21.8 = Constantes.

En el ANEXO 11-06 BALANCE HIDRICO EN EL CUSTF se presentan los coeficientes globales de desarrollo (Kg) para los distintos usos de suelo y vegetación presentes en el CUSTF.

Los valores de Pi, que es el porcentaje de horas luz de los meses con respecto al año, se tomaron de la Tabla IV.65. Utilizando los valores de la temperatura media mensual y el porcentaje de horas luz mensual, se sustituyen en la fórmula para calcular Fi, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo, dando como resultado los valores de ETR mensuales (Tabla IV.75).

Tabla IV. 75. Valores de ETR mensuales.

Mes	Temperatura Media Mensual (C) (tj)	Kc	fi	BOSQUE	PASTIZAL
Ene	22.56	7.74	14.330	12.90	12.90
Feb	23.00	7.25	13.569	12.21	12.21
Mzo	25.40	8.41	16.666	15.00	15.00
Abr	27.00	8.52	17.509	15.76	15.76
May	28.00	9.15	19.223	17.30	17.30
Jun	27.00	9	18.495	16.65	16.65
Jul	26.22	9.25	18.678	16.81	16.81
Ago	26.30	8.96	18.126	16.31	16.31
Sept	25.90	8.3	16.638	14.97	14.97
Oct	25.14	8.18	16.112	14.50	14.50
Nov	23.98	7.58	14.527	13.07	13.07
Dic	23.00	7.7	14.411	12.97	12.97
ETR				**178.46**	**178.46**
Evapotranspiración anual (mm)				**356.912**	
COEFICIENTE DE ETR					
0.24					

Como se puede observar en la Tabla IV.76, en el CUSTF se tiene una evapotranspiración real de 6,016.957 m3 /año.

Tabla IV. 76. Evapotranspiración real en el CUSTF.

EVAPOTRANSPIRACIÓN EN m3/AÑO POR TIPO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN			
Tipo de vegetación	**Infiltración (m3)**	**ETR (mm)**	**ETR (m3)**
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	82,744.25	0.243	20132.119
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	154,478.26	0.243	37585.389
TOTAL	**15,855.477**	**--**	**6,016.957**

Agua retenida

Cabe mencionar que del total de agua que se infiltra, una parte queda retenida en el suelo, otra parte se pierde a través de la evapotranspiración y otra porción llega a la recarga subterránea. De acuerdo con diversos estudios, mencionan que del total de agua que se infiltra al suelo, solo el 1.3% queda retenida.

En la tabla IV.77, se presenta el valor estimado del volumen de agua que queda retenida en el suelo en el CUSTF.

Tabla IV. 77. Volumen de agua retenida en el CUSTF.

Infiltración (m3/año)	**(%)**
403,841.976	100.000
5,249.946	1.300

Recarga subterránea

Finalmente se calculó el volumen de agua que llega a la recarga subterránea. Como se mencionó anteriormente, se estima que del total de agua que se infiltra en el CUSTF, una parte se pierde a través de la evapotranspiración y otra parte queda retenida en el

suelo, cuyos valores se calcularon anteriormente y también se presentan en la Tabla IV.78, mientras que el resto del agua se estima que es el volumen que llega al acuífero.

Tabla IV. 78. Recarga subterránea en el CUSTF.

Infiltración	**403,841.98**	**42.54**
Evapotranspiración real	9,779.410	17.89
Agua Retenida en el suelo	5,249.946	0.55
Recarga subterránea	**15,043.706**	**27.52**

Balance Hídrico Actual en la superficie sujeta a CUSTF

Tabla IV. 79. Balance hídrico actual del sitio sujeto a CUSTF.

ELEMENTO BALANCE HIDRICO	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN (%)
Precipitación	949,313.000	100.00
Intercepción	113,917.560	12.00
Escurrimiento Superficial	431,554.250	45.46
Infiltración	403,841.976	42.54
Evapotranspiración real	9,779.410	12.00
Agua Retenida en el suelo	5,249.946	0.55
Recarga subterránea	15,043.706	12.00

4.3.1. Captura de carbono y componentes naturales

4.3.1.1. Captura de carbono en el SAR

Las plantas verdes absorben el carbono de la atmosfera a través de la fotosíntesis, separando el átomo de carbono del átomo del oxígeno. El oxígeno es devuelto a la atmósfera y el carbono es empleado para producir la biomasa en forma de raíces, tallos y follaje (Tipper, 1996; Brown, 1996; PICC, 1995). Actualmente la quema de combustibles fósiles provoca el 80% de las emisiones totales de CO2 a la atmósfera y el 20% se debe a los procesos de deforestación. Estas son las causas principales del aumento en la concentración atmosférica del CO2 de 280 ppm a 360 ppm en los últimos 200 años, con una tasa de incremento de 1.8 ppm año" (Cannel, 1996).

La cantidad de carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación presentes se tomó de los datos de la figura IV.80 y IV.81 contenida en la publicación de la CONANP (Bezaury-Creel J.E.2009). El Valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas proveen a los mexicanos. (The Nature Conservency Programa México-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México).

Tabla IV. 80. Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México

Carbono almacenado en los diferentes tipos de vegetación en México (TCO_2e/Ha)	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Total
Bosque de coníferas	118	120	19	257
Bosque de encino	105	126	5	236
Bosque mesófilo de montaña	189	205	36	430
Selva perennifolia	186	115	4	305
Selva tropical caducifolia, su caducifolia y bosque espinoso	54	100	0	154
Matorral xerófilo y vegetación semiárida	19	60	1	80
Pastizal natural, halófilo y gipsófilo	16	81	0	97
Vegetación acuática y subacuática	223	59	0	282

Tabla IV. 81. *Carbono almacenado en diferentes tipos de cultivo*

Cultivo/Carbono	Toneladas/Ha promedio 2000/2007	Precio promedio en Mx por tonelada cultivos 2000/2007 TCO_2e 2005/2007	Valor total de la producción/servicio por hectárea
Aguacate	9.9	6,574.6	65,089
CO_2 (Precio ponderado 2007)	161	191.6	30,848
Caña de azucar	73.8	325.4	24,015
Arroz	4.5	1,744.0	7,848
Maíz	2.8	1,723.3	4,825
Frijol	0.7	6,024.2	4,217
Soya	1.6	2,493.1	3,989
CO_2 (Precio ponderado 2007)	161.3	19.2	3,091

Se estima a continuación la captura de carbono total en el SAR en la tabla siguiente se puede ver el volumen de carbono capturado por cada tipo de vegetación.

Tabla IV. 82. Estimación de captura de carbono por uso de suelo y vegetación en el SAR.

Uso de suelo y vegetación SAR	Superficie	Porcentaje	Factores de captura de CO_2 por componente (Ton/ha)			Toneladas de CO_2/Ha			Total de Toneladas de CO2
			Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
Agricultura de temporal anual	2,791.03	32.91%	2.80	0.00	0.00	7,814.88	0.00	0.00	7,814.88
Áreas desprovistas de vegetación	67.59	0.80%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pastizal inducido	1,229.01	14.49%	16.00	81.00	0.00	19,664.16	99,549.81	0.00	119,213.97
Pastizal Natural	754.30	8.89%	16.00	81.00	0.00	12,068.80	61,098.30	0.00	73,167.10
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,029.63	23.93%	105.00	126.00	5.00	213,111.15	255,733.38	10,148.15	478,992.68
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1,610.26	18.98%	16.00	81.00	0.00	252,658.99	416,381.49	10,148.15	679,188.63
Total	**8,481.82**	**100.00%**				**505,317.99**	**832,762.98**	**20,296.30**	**1,358,377.27**

4.3.1.2. Captura de carbono en el CUSTF

Para el cálculo del potencial de captura de carbono por tipo de vegetación actual en el área sujeta al CUSTF se tomaron los valores del tipo de vegetación los resultados se muestran en la Tabla siguiente.

Tabla IV. 83. Calculo de captura de carbono actual del área sujeta a CUSTF

Tipo de vegetación en el CUSTF	Has	Factores de captura de CO_2 por componente (ton/ha)			Toneladas de CO_2/ha			Total de CO_2 capturados (Toneladas)
		Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	58.58	105.00	126.00	5.00	6150.90	7381.08	292.90	13824.88
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	109.44	16.00	81.00	0.00	1751.04	1296.00	0.00	3047.04
Total en el Área de CUSTF	**168.02**				**5,831.47**	**6,319.62**	**7,901.94**	**16,871.92**

Para el cálculo del potencial de captura de carbono por tipo de vegetación en el área ejecutando el CUSTF sin medidas de mitigación que al remover la vegetación se perdería la captura de carbono total.

Para el cálculo del potencial de captura de carbono por tipo de vegetación en el área ejecutando el CUSTF con medidas de mitigación que al llevar a cabo una superficie de reforestación de especies nativas de bosque encino y pastizal natural de 168.02 has y los resultados se muestran en la Tabla siguiente.

Tabla IV. 84. Cálculo de captura de carbono al ejecutar las medidas de compensación en el CUSTF

Tipo de vegetación en el CUSTF	Has	Factores de captura de CO_2 por componente (ton/ha)			Toneladas de CO_2/ha			Total de CO_2 capturados (Toneladas)
		Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	58.58	105.00	126.00	5.00	6150.90	7381.08	292.90	13824.88
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	109.44	16.00	81.00	0.00	1751.04	1296.00	0.00	3047.04
Total en el Área de CUSTF	**168.02**				**5,831.47**	**6,319.62**	**7,901.94**	**16,871.92**

Para el cálculo del potencial de captura de carbono en cada uno de los escenarios del área sujeta a CUSTF se tomaron los valores de las tablas anteriores, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla IV. 85. Potencial de captura de carbono en los tres escenarios del área sujeta a CUSTF

Escenarios	SAR	Actual	Con CUSTF	Realizando las medidas de mitigación
Total, CUSTF (tCO2e/CUSTF)	**1,358,377.27**	**16,871.92**	**-16,871.92**	**16,871.92**
% con respecto al SAR	100%	1.24%	-1.24%	1.24%
% con respecto Vs bosque encino	**478,992.68**	**13,824.88**	**-13,824.88**	**13,824.88**
	23.93%	2.88%	-2.88%	2.88%
% con respecto a Vs de Pastizal natural	**679,188.63**	**3,047.04**	**-3,047.04**	**3,047.04**
	18.98%	0.434%	-0.44%	0.44%

Se describe a continuación el comportamiento del potencial en la captura de carbón de acuerdo con los escenarios calculados:

Conclusiones

El valor de captura de carbono en el SAR por los tipos de vegetación presentes es de 1,358,377.27 toneladas de carbono, que para el tipo de vegetación específico para el cambio de uso de suelo que corresponde a vegetación secundaria de bosque encino de 478,992.68 toneladas de carbono y vegetación secundaria de pastizal natural de 679,188.63 ton de carbono, lo que representa el 23.93% y 18.98% respectivamente del total del SAR, representando para cada tipo el 1.96% y 0.43% respectivamente de la vegetación total, en la superficie del CUSTF tenemos una captura de 112,350.44 lo que representa a nivel del SAR con los mismo tipo de vegetación de 1.24%, una vez ejecutado el cambio de uso de suelo la pérdida se disminuye en un 1.24% a nivel de SAR, es decir se pierde en su totalidad la diminución es del 100%, pero con las medidas de mitigación se recupera la captura de carbono a su valor inicial 1.24%, por lo que se considera que no se pone en riesgo la prestación de este servicio en el sistema ambiental regional ni a nivel local de la superficie por la ejecución del CUSTF.

Componentes naturales

Los componentes naturales son aquellos que se refieren a la naturaleza y entre los cuales tenemos relieve, atmósfera, clima, corrientes de aire, cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.

Relieve. -Durante la ejecución del proyecto se realizará el desmonte y despalme para el patio de lixiviación, actividades que incluye la remoción de la vegetación y despalme es decir el suelo orgánico, mismo que se deposita en el área del proyecto, esto es, se queda en el mismo sitio, no se realizará cortes de cerros, taludes o cárcamos que modifiquen la conformación del relieve. El material orgánico se usará posteriormente en las actividades de restauración, habiéndose previamente descompactadas las zonas temporales, y sea distribuido el material vegetal triturado.

Atmósfera. - Con el proyecto no se alterará significativamente la conformación de los gases de la atmosfera, ya que se respetarán la normatividad de los niveles de las

emisiones de los vehículos, maquinaria y equipo que se utilice de manera temporal y puntual durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Clima.- Este componente natural está conformado entre otros por la temperatura, humedad, presión, viento y precipitación, por el tamaño que representa el área sujeta a CUSTF en relación al SAR y con las medidas de mitigación propuestas, estos elementos no serán alterados de manera significativa en el SAR, la temperatura ambiente, el cambio de estaciones del año, es decir, el clima seguirá siendo la de una región semiárida con primavera y veranos cálidos e inviernos fríos, y con los rangos de precipitación promedio similares a los que se han presentado históricamente, con un temporal de lluvias de verano.

Corrientes de aire.- Las corrientes de aire son grandes masas de aire en movimiento, causadas por la rotación de la tierra, el material de la superficie terrestre, la radiación solar, la perdida de calor en la superficie terrestre y el relieve de la superficie, dos de los elementos son inalterables por actividades antrópicas, dos de ellos no serán modificados y el único elemento que sufrirá modificación es el material de la superficie terrestre al remover la vegetación que existe actualmente pero con las medidas de mitigación propuestas estamos compensando dicha modificación, es decir, la velocidad y la dirección de los vientos predominantes continuara análogos como están actualmente.

Cuerpos de agua. - Regulan el clima y modifican la vegetación, dentro del área sujeta al CUSTF no se encontraron cuerpos de agua, pero si corrientes intermitentes. Que se realizaran obras de desvio.

Suelo.- La creación de los suelos es debido principalmente a los siguientes factores la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de materia orgánica, la primera estamos proponiendo como medida de mitigación de la reforestación de 168.02 has de las áreas aledañas con especies nativas para estabilizar el suelo y captar partículas suspendidas en el viento, para mitigar el segundo de los

factores sirve la misma siembra de especies nativas, el tercer de los factores se presenta por acción de la temperatura, precipitación y acción del viento y se da principalmente en la roca de las partes altas de la montaña, donde nuestro proyecto no tendrá afectaciones significativas, en cuanto a la deposición de materia orgánica se está proponiendo que toda la vegetación que sea removida en el área ejecutando el CUSTF sea picada y esparcida sobre el suelo orgánico para enriquecer el mismo y aumentar su fertilidad.

Flora.-Conformada por todas las especies que existen actualmente en el SAR y específicamente en el área propuesta para el CUSTF, primeramente se realizó un inventario de la flora para conocer las especies presentes y su abundancia, previo a la remoción de la vegetación se implementara un programa de rescate y reubicación de flora de las especies sujetas a protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas plantas suculentas que por su desarrollo lento se propone su rescate y reubicación aun y cuando no se esté obligado por no estar con algún status en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fauna.- Formada por todas las especies que existen actualmente en el SAR y específicamente en el área propuesta para el CUSTF, primeramente se realizó un inventario de la fauna para conocer las especies presentes y su abundancia, previo a la remoción de la vegetación se implementara un programa que incluya el ahuyentamiento, identificación, rescate y reubicación de las especies de fauna sujetas a protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas que por su estado de desarrollo, de lento desplazamiento o por arraigo a madriguera o nido se propone su rescate y reubicación aun y cuando no se esté obligado por no estar con algún status en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Generación de oxígeno

La generación de oxigeno tiene relevancia porque es una sustancia que comprende una importante parte de la atmósfera y resulta necesario para sostener la vida terrestre, es el elemento más abundante en la corteza terrestre formando prácticamente la mitad de su

masa, pero debido a su reactividad química, el oxígeno no puede permanecer en la atmósfera terrestre como elemento libre sin ser reabastecido constantemente por la acción fotosintética de los organismos que utilizan la energía solar elemental a partir del agua y dado que constituye la mayor parte de la masa del agua, es también el componente mayoritario de la masa de los seres vivos.

Los ecosistemas nos proporcionan varios servicios ambientales de acuerdo con sus elementos bióticos y abióticos, entre los primeros son de gran importancia los que prestan los diferentes tipos de vegetación, ya que el dióxido de carbono (CO2) presente en la atmosfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de la fotosíntesis. Por este medio convierten la energía solar en energía química la cual es aprovechada por los organismos vivos (Gayoso, 2005).

El oxígeno generado por las plantas se obtiene en diferentes cantidades ya que depende de la especie y tamaño de los árboles, pero sobre todo de la velocidad de crecimiento. El O2 es proporcional a la tasa de crecimiento e incremento de biomasa (Norwak et al. 2007).

La producción de oxigeno de un árbol durante un año, está directamente relacionada con la cantidad de carbono almacenado, mismo que se encuentra almacenado en la biomasa de los árboles y si la captación de Dióxido de Carbono durante la fotosíntesis excede la liberación de Dióxido de Carbono por la respiración durante el año, el árbol acumulara carbono (Norwak et al. 2007). De este modo, un árbol que tiene una acumulación neta de carbono durante un año (crecimiento de los árboles) también tiene una producción neta de oxigeno (Yolasigmaz y Keles,2009). De acuerdo con lo mencionado por Salisbury y Ross (1978) la producción neta de Oxigeno de los árboles se basa en la cantidad de Oxigeno producido durante la fotosíntesis menos la cantidad de Oxigeno consumido durante la respiración de las plantas.

Fotosíntesis: $n(CO_2) + n(H_2O) + luz \rightarrow (CH_2O)n+nO_2$

Respiración: $(CH_2O)n + nO_2 \rightarrow n(CO_2) + n(H_2O)$ + energía

De este modo la cantidad de Oxigeno producido se estima a partir de la captura de Carbono en base a los pesos atómicos:

Producción neta de O_2 (Kg/año) = Carbono secuestrado en la biomasa (ton/año) * (32/12).

Generación de oxígeno en el SAR

Para nuestro caso estimaremos la producción neta de O2 (Kg/año) utilizando la formula anterior con los valores del carbono secuestrado en la biomasa del SAR, descritos en el rubro anterior.

Para el cálculo del potencial de generación de O2 por tipo de vegetación actual en el SAR se tomaron los valores de captura de carbono y los resultados se muestran en la tabla siguiente

Tabla IV. 86. Cálculo del potencial de generación de Oxígeno en el SAR

Superficie	Toneladas de CO_2 capturadas			Toneladas de O_2 generados			Total de O_2 generadas
	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
SAR							
Agricultura de temporal anual	7,814.88	0.00	0.00	20,839.69	0.00	0.00	20,839.69
Áreas desprovistas de vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pastizal inducido	19,664.16	99,549.81	0.00	52,437.76	265,466.16	0.00	317,903.92
Pastizal Natural	12,068.80	61,098.30	0.00	32,183.47	162,928.80	0.00	195,112.27
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	213,111.15	255,733.38	10,148.15	568,296.40	681,955.68	27,061.73	1,277,313.81
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	252,658.99	416,381.49	10,148.15	673,757.32	1,110,350.64	27,061.73	1,811,169.69
Total	505,317.99	832,762.98	20,296.30	1,347,514.63	2,220,701.28	54,123.47	3,622,339.38

Tabla IV. 87. Generación actual de O2 en el área sujeta a CUSTF

Superficie	Toneladas de CO_2 capturadas			Toneladas de O_2 generados			Total de O_2 generadas
	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	6150.90	7381.08	292.90	16,402.40	19,682.88	781.07	36,866.35
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1751.04	1296.00	0.00	4,669.44	3,456.00	0.00	12,451.84
Total	**7901.94**	**8677.08**	**292.90**	**21071.84**	**23138.88**	**781.07**	**49318.19**

Al ejecutar el CUSTF, la generación de oxigeno se pierde totalmente en el área, su valor es cero.

Pero al ejecutar las medidas de mitigación con especies nativas la generación de oxígeno se recupera en un 62.98%, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla IV. 88. Generación de O_2 al ejecutar el CUSTF con medidas de mitigación

Superficie	Toneladas de CO_2 capturadas			Toneladas de O_2 generados			Total de O_2 generadas
	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	Vegetación aérea	Suelo	Raíces	
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	6150.90	7381.08	292.90	16,402.40	19,682.88	781.07	36,866.35
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1751.04	1296.00	0.00	4,669.44	3,456.00	0.00	12,451.84
Total	**7901.94**	**8677.08**	**292.90**	**21071.84**	**23138.88**	**781.07**	**49318.19**

Tabla IV. 89. Potencial de generación de oxígeno en los tres escenarios del área sujeta a CUSTF

Escenarios	SAR	Proyecto		
		Actual	con CUSTF	Con medidas
Total tO_2	**3,622,339.38**	**49318.19**	-49318.19	**49318.19**
% con respecto al SAR	100%	1.36%	-1.36%	1.36%
% con respecto Vs bosque encino	1,277,313.81	36,866.35	-36,866.35	36,866.35
	35.26%	2.89%	-2.89%	2.89%
% con respecto Vs pastizal natural	1,811,169.69	12,451.84	-12,451.84	12,451.84
	50.00%	0.69%	-0.69	0.69
% con respecto al CUSTF	-	100%	-100%	100%

Conclusiones

El valor de generación de oxígeno en el SAR por todos los tipos de vegetación presentes es de 3,622,339.38 toneladas de oxígeno, de los cuales el 35.26% corresponde a vegetación secundaria de bosque de encinos con una generación de 1,277,313.81, mientras que el 50.00% es generado por la vegetación secundaria de pastizal natural al producir 1,811,169.69 toneladas.

De las toneladas generadas por vegetación secundaria de pastizal natural 2.89% es generada actualmente por la superficie que se está solicitando cambio de uso de suelo, misma que aporta 36,866.35 toneladas.

Por otro lado, la vegetación secundaria de pastizal natural del área de estudio aporta un 0.69% del oxígeno generado por este tipo de vegetación en el SAR producto de 12,451.84 toneladas generadas, una vez ejecutado el cambio de uso de suelo la pérdida es del 1.36% a nivel de SAR, pero a nivel de CUSTF la diminución es del 100%, pero con las medidas de mitigación se recupera la generación de oxígeno en un 100%, por lo que se considera que no se pone en riesgo la prestación de este servicio en el sistema ambiental regional ni a nivel local de la superficie por la ejecución del CUSTF.

Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales

La presencia de una cobertura vegetal disminuye los impactos generados por los fenómenos naturales como lo son las sequías y granizadas, que tienen un impacto directo en la producción ganadera y agrícola, sin embargo, por las características y dimensiones del proyecto no se considera que este servicio ambiental se ponga en riesgo o que se pueda afectar significativamente.

Modulación o termorregulación climática

Si bien es cierto que, a nivel local y puntual, la pérdida de cobertura y la colocación de estructuras puede generar un incremento local de temperatura (en áreas descubiertas),

en el plano regional no es significativo ya que se mantienen amplias zonas de vegetación de Matorral Subtropical en la región, así como otros tipos de vegetación que contribuyen al proceso de regulación climática. Por las características del proyecto, no se considera que este servicio ambiental se ponga en riesgo o se afecte significativamente.

Protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida

La protección de la biodiversidad es importante porque asegura la salud y la seguridad humana. La biodiversidad no solo provee los beneficios directos de la comida, agua limpia, medicina y energía; también asegura que el ambiente funcione en una manera que apoya la vida. La biodiversidad es necesaria para limitar los efectos negativos causados por la contaminación para proteger las cuencas hidrográficas y para combatir los efectos de la erosión del suelo, al igual que para proveer una protección contra las fluctuaciones del tiempo y el clima.

La preocupación internacional por el mantenimiento y la protección de la biodiversidad continúa aumentando. La atención inadecuada de los problemas de biodiversidad puede generar la pérdida de especies localmente al igual que efectos adversos significativos sobre especies amenazadas o en peligro de extinción.

En el caso de este proyecto, no se afectan ecosistemas únicos o particularmente sensibles a las actividades humanas.

En el área del CUSTF se encontrón algunos individuos de especie de flora listadas en algún estatus de protección de la NOM-052-SEMARNAT-2010, para lo cual se implementará un programa de rescate y reubicación de las especies de flora con interés ecológico y comercial. Con base en estas acciones se mitigará la pérdida de especies y por ende se protegerá la biodiversidad.

Otra medida para proteger la biodiversidad es que la remoción de la vegetación se hará en forma selectiva y progresiva para permitir que las especies animales que pudieran quedar entre las plantas huyan hacia otras áreas y se prevenga su afectación.

Con relación a las especies de fauna listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que transiten dentro de la superficie de CUSTF y del SAR, se aplicará un programa que incluya actividades de ahuyentamiento y rescate para las especies de fauna, así mismo se prohibirá:

- La colecta de cualquier especie de flora,
- La caza o captura de cualquier especie de fauna
- Delimitación de áreas de manejo ambiental
- Rescate y reubicación de especies de flora y fauna de importancia ecológica
- Remoción adecuada de la cobertura vegetal
- Reforestación y recuperación de cobertura vegetal en la etapa de abandono o desmantelamiento de obras.

Los objetivos de estas medidas de manejo y protección de flora y fauna son:

- Proteger las especies nativas de flora y fauna.
- Proteger los hábitats, zonas de refugio y de alimentación de la fauna local.
- Evitar la erosión.
- Proteger el paisaje.
- Evitar el deterioro de la calidad visual.
- Facilitar la rehabilitación de las áreas intervenidas, una vez sean abandonadas.

Con dichas acciones se garantiza de manera directa o indirecta sobre la continuidad de la biodiversidad asociada a las áreas del proyecto, debido a que se protege con las acciones antes mencionadas sus fuentes de alimentación, zonas de refugio y apareamiento.

Protección y recuperación de suelos

El suelo puede definirse, de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1984), como el material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales

(material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado periodo (Sánchez et al., 2004).

En todos los ecosistemas, los suelos cumplen con importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas.

El suelo cumple con otras funciones igualmente trascendentes como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos influyendo también en la calidad del agua. Asimismo, constituye el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos (Cotler et al., 2007). Según sus características, el suelo funciona también como hábitat para una miríada de organismos, desde células microscópicas a pequeños mamíferos y reptiles, manteniendo una amplia biodiversidad.

Finalmente, en los ecosistemas urbanos, el suelo juega un papel fundamental como material de construcción y como cimiento para la infraestructura urbana (Brady y Weil, 1999). La degradación de suelos se refiere a los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana (Oldeman, 1998).

Los cálculos de la erosión hídrica y eólica se realizaron en el Programa ArcGis 10.3, para ello se consultaron los tutoriales de Youtube “Erosión Hídrica del suelo USLE” elaborados por Antonio Campos Cedeno. A partir del Programa ArcGis se generaron archivos raster para cada uno de los factores y se utilizó la herramienta Map Algebra para la multiplicación de los factores y finalmente obtener un raster con la tasa de erosión. Además, se utilizó el programa Excel para realizar algunos cálculos y obtener datos que posteriormente se utilizaron para generar mapas en ArcGis.

Erosión hídrica

La erosión hídrica por lluvia comienza cuando el suelo es privado de su cobertura vegetal por deforestación, quema, sobrepastoreo y labranza. Las gotas de lluvia impactan en el suelo desnudo y rompen sus agregados, los cuales además de ser más fácilmente arrastrados por los escurrimientos, tapan los microporos del suelo, reduciendo con ello la infiltración del agua. El agua que no llega a infiltrarse escurre sobre la superficie y sigue la topografía arrastrando suelo superficial. La vulnerabilidad de los suelos a la erosión hídrica depende del tipo de cobertura vegetal (cultivo, pastizal, etc.); de las características de la lluvia (intensidad y frecuencia); de la topografía (inclinación, forma y longitud de pendientes); y del tipo de suelo (porosidad, porcentaje de materia orgánica, textura y profundidad) (Carabias et al., 1998). A continuación, se presenta el cálculo de la pérdida de suelo mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo tanto en el Sistema Ambiental Regional como en el área propuesta para el cambio uso de suelo.

$$A = R\ K\ LS\ C\ P$$

Dónde:

A = tasa de erosión anual (ton/ha.año).

R = factor de erosividad de la lluvia (MJ. mm/ha.h).

K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/ MJ.mm).

LS = factor topográfico longitud-pendiente.

C = factor de vegetación y cultivo.

P = factor de prácticas conservación.

Factor R

El factor R representa, para un área específica, la energía potencial de la lluvia y su escurrimiento asociado; es el factor de tipo climático que indica el potencial erosivo de las precipitaciones.

Normalmente este factor es determinado con los datos de lluvia, es decir, se obtiene la intensidad máxima de lluvia en treinta minutos consecutivos (I30) y se determina la energía cinética asociada (EC). El producto de ambas es la erosividad de la lluvia. Debido a la carencia de información relativa a la intensidad en periodos de tiempo tan cortos, se optó por la metodología descrita a continuación.

Para calcular este Factor, se utilizaron las normales climatológicas de las estaciones meteorológicas que se encuentran cercanos al Sistema Ambiental Regional. Se utilizaron los datos de precipitación media mensual y la precipitación media multianual como se muestra en la Tabla 1. Así también se utilizó el SHP de las estaciones meteorológicas usadas para el cálculo de este factor.

Tabla IV. 90. Datos de precipitación de las normales climatológicas de las estaciones cercanas al SAR.

NO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	PREC. MEDIA MULTIANUAL (mm)	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Lourdes, s. Luis de la p	413.4	11.2	4.9	9.5	21.6	29.9	85.3	71.6	65.1	62.7	35.0	8.6	8.0
2	Soledad nueva, d. Hidalgo	482.5	19.6	14.7	7.7	12.2	39.6	68.2	94.4	100.2	88.5	23.6	7.9	5.9
3	El carbón, dolores hgo.	519.1	17	10.0	6.3	14.6	31.7	94.2	114.3	108.9	66.0	39.2	8.9	8.0
4	Rio lajas, dolores hgo.	563.8	9.4	4.6	11.3	20.3	42.4	109.1	95.9	108.3	93.8	39.2	21.2	8.3
5	Cañada González	608.5	17.5	7.2	8.3	23.0	35.2	118.0	138.2	113.9	78.2	39.1	15.8	14.1
6	Ciénega de negros, gto.	814.8	0.6	15.0	10.7	15.5	53.9	134.9	213.2	146.7	127.8	71.1	15.0	10.4
7	Dolores hgo. C. cap. rural	455.7	16.5	12.5	5.9	11.6	33.3	64.1	93.4	89.9	85.6	31.5	6.4	5.0
8	Peñuelitas, d. Hidalgo	506.3	13.8	10.2	7.4	14.0	44.0	78.8	115.5	83.2	91.4	34.3	7.3	6.4
9	Santa rosa mineral	795.8	42.2	13.7	7.5	20.4	47.8	158.8	168.3	130.4	108.1	60.7	18.8	19.1
10	La luz, Guanajuato	444.5	10.9	6.4	7.2	6.9	23.6	103.9	109.9	70.7	64.3	22.4	11.3	7.0
11	Los Rodríguez	543.9	18.5	17.2	4.4	16.1	55.0	85.9	113.4	103.4	79.9	33.9	8.8	7.4
12	Calderones Guanajuato	752.7	19.1	15.1	9.4	12.3	44.4	131.0	177.4	154.5	121.3	45.4	14.3	8.5
13	Corral de piedras	456.7	19.1	11.7	3.5	10.1	23.6	96.2	98.2	87.6	70.5	26.8	4.6	4.8
14	Cinco señores	616.0	15	12.1	5.4	14.7	38.4	107.9	151.6	106.6	110.7	36.5	10.2	6.9
15	San miguel allende	594.7	15.2	9.2	7.5	15.1	42.6	99.1	147.7	99.8	96.7	40.9	14.7	6.2
16	El pinillo, Guanajuato	575.8	13.7	11.3	5.4	7.0	25.2	92.1	146.1	128.8	77.6	43.9	15.7	9.0
17	Aldama, Irapuato	354.4	8.1	1.5	1.9	3.6	16.1	61.1	99.7	82.2	54.7	17.8	4.7	3.0
20	La joyita, j. Rosas	670.8	17.8	10.0	9.1	12.0	24.6	121.0	170.1	145.5	105.9	41.6	6.7	6.5

Posteriormente se utilizó la siguiente fórmula para calcular el Factor R.

$$IF = \frac{Pmes^2}{P}$$

Donde:

IF = Índice de Fornier o Ïndice de Erosividad de la lluvia (R)

Pmes = Precipitación del mes (mm)

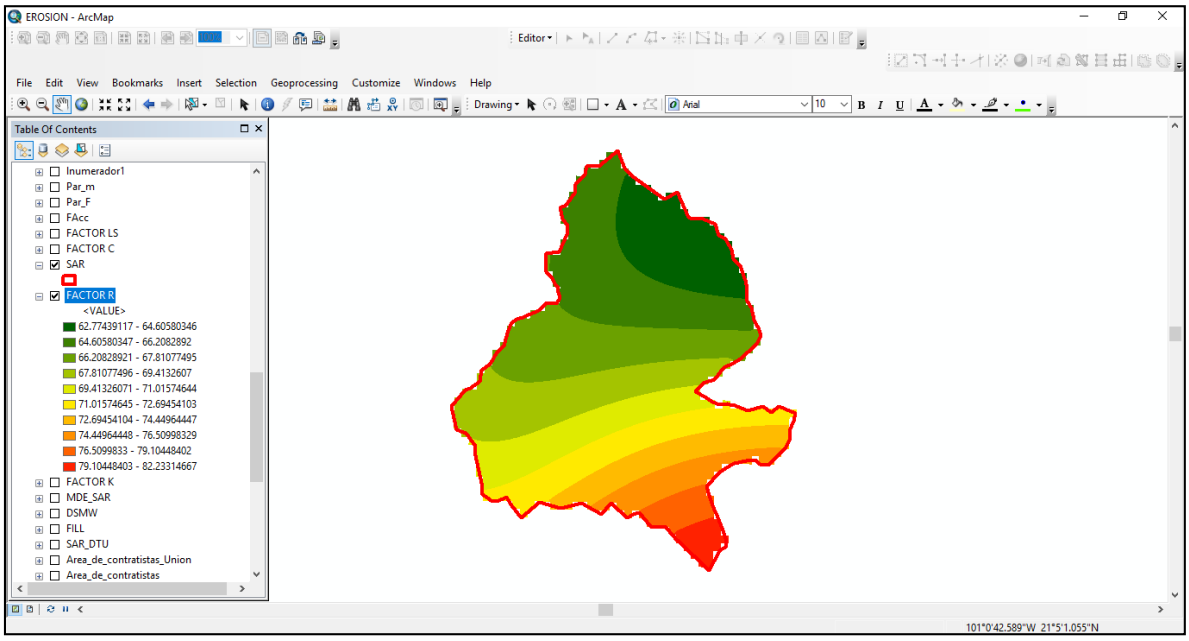
P = Precipitación media anual (mm)

Y se obtuvieron los siguientes resultados de Factor R presentados en la Tabla 2. Estos datos se agregaron a ArcGis en una nueva columna en el SHP de Estaciones meteorológicas, posteriormente se realizó un raster con los datos de la nueva columna agregada. Cabe destacar que todas las estaciones meteorológicas se encontraban fuera del área del SAR. Una vez obtenido el raster, este fue recortado con el SHP del SAR, obteniendo un raster solo con el área de interés y denominado como FACTOR R (figura IV. 33).

Tabla IV. 91. Factor R para cada una de las estaciones meteorológicas cercanas al SAR.

NO.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	FACTOR R												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	R
1	LOURDES, S. LUIS DE LA P	0.30	0.06	0.22	1.13	2.16	17.60	12.40	10.3	9.5	2.96	0.18	0.15	56.93
2	SOLEDAD NUEVA,D. HIDALGO	0.80	0.45	0.12	0.31	3.25	9.64	18.47	20.81	16.23	1.15	0.13	0.07	71.43
3	EL CARBON, DOLORES HGO.	0.56	0.19	0.08	0.41	1.94	17.09	25.17	22.85	8.39	2.96	0.15	0.12	79.91
4	RIO LAJAS, DOLORES HGO.	0.16	0.04	0.23	0.73	3.19	21.11	16.31	20.80	15.61	2.73	0.80	0.12	81.82
5	CAÑADA GONZALEZ	0.50	0.09	0.11	0.87	2.04	22.88	31.39	21.32	10.05	2.51	0.41	0.33	92.50
6	CIENEGA DE NEGROS, GTO.	0.00	0.28	0.14	0.29	3.57	22.33	55.79	26.41	20.05	6.20	0.28	0.13	135.47
7	DOLORES HGO. C.CAP.RURAL	0.60	0.34	0.08	0.30	2.43	9.02	19.14	17.74	16.08	2.18	0.09	0.05	68.04
8	PEÑUELITAS, D. HIDALGO	0.38	0.21	0.11	0.39	3.82	12.26	26.35	13.67	16.50	2.32	0.11	0.08	76.20
9	SANTA ROSA MINERAL	2.24	0.24	0.07	0.52	2.87	31.69	35.59	21.37	14.68	4.63	0.44	0.46	114.80
10	LA LUZ, GUANAJUATO	0.27	0.09	0.12	0.11	1.25	24.29	27.17	11.25	9.30	1.13	0.29	0.11	75.37
11	LOS RODRIGUEZ	0.63	0.54	0.04	0.48	5.56	13.57	23.64	19.66	11.74	2.11	0.14	0.10	78.21
12	CALDERONES, GUANAJUATO	0.48	0.30	0.12	0.20	2.62	22.80	41.81	31.71	19.55	2.74	0.27	0.10	122.70
13	CORRAL DE PIEDRAS	0.80	0.30	0.03	0.22	1.22	20.26	21.12	16.80	10.88	1.57	0.05	0.05	73.30
14	CINCO SEÑORES	0.37	0.24	0.05	0.35	2.39	18.90	37.31	18.45	19.89	2.16	0.17	0.08	100.35
15	SAN MIGUEL ALLENDE	0.39	0.14	0.09	0.38	3.05	16.51	36.68	16.75	15.72	2.81	0.36	0.06	92.97
16	EL PINILLO, GUANAJUATO	0.33	0.22	0.05	0.09	1.10	14.73	37.07	28.81	10.46	3.35	0.43	0.14	96.77
17	ALDAMA, IRAPUATO	0.19	0.01	0.01	0.04	0.73	10.53	28.05	19.07	8.44	0.89	0.06	0.03	68.04
20	LA JOYITA, J. ROSAS	0.47	0.15	0.12	0.21	0.90	21.83	43.13	31.56	16.72	2.58	0.07	0.06	117.81

Figura IV. 33. Raster del FACTOR R en el SAR.



Factor K

El factor K indica el grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. La erodabilidad del suelo es una propiedad compleja y se concibe como la facilidad con la cual es desprendido por:

1) el salpicado de las gotas durante un evento de lluvia,

2) el flujo superficial o

3) por la acción de ambos fenómenos.

Sin embargo, desde un punto de vista más cuantitativo, la erodabilidad del suelo puede entenderse como el cambio en la pérdida de suelo por unidad de fuerza o energía externa aplicada (Montes, 2002). La erodabilidad representa un valor promedio integral anual de la pérdida de suelo en respuesta a procesos de erosión e hidrológicos, entre los que destaca lo siguiente: el desprendimiento y transporte por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial; la depositación localizada debida a la topografía natural e inducida por las operaciones de labranza, y la infiltración del agua en el perfil del suelo.

Tradicionalmente, la metodología usada para la determinación de dicho factor es el nomograma de Wischmeier y Smith, el cual toma en cuenta ciertas propiedades del suelo, como contenido de materia orgánica, contenido de arenas, contenido de limos, estructura y permeabilidad, entre otras. Para el presente estudio y debido a que no se cuenta con información detallada y completa para el empleo de la metodología tradicional, se aplicó la metodología descrita a continuación, conocida como la metodología de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Para calcular este factor, se utilizó el mapa digital de suelo de la FAO (DSMW), dicho mapa es en formato SHP y contiene los tipos de suelos de todo el mundo, el cual se encuentra en la siguiente dirección: http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116. Además, en el mismo link se encuentran las características de los diferentes tipos de suelos, esta información es sobre el contenido de limo, arcilla, arena y contenido de materia orgánica de cada suelo. Se realizó un recorte al DSMW con el SHP del SAR y CUSTF, y se encontró un solo tipo de suelo, el cual corresponde al Luvisol y presenta las siguientes características (Tabla IV. 92):

Tabla IV. 92. Porcentajes de contenido de limo, arena, arcilla y materia orgánica del suelo presente en el SAR y CUSTF.

Soil unit symbol	(m_s) sand % topsoil	(m_{silt}) % silt topsoil	(mc) clay % topsoil	(orgC) OC % topsoil
Luvisol (L)	70.4	10.3	19.3	0.51

Con estos valores se calculó el Factor K, a partir de las siguientes formulas:

Fórmula Wiliams

$$K = 0.1317 f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand}$$

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3\exp\left[-0.0256\, m_s \left(1 - \frac{m_{silt}}{100}\right)\right]\right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}}\right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = \left[1 - \frac{0.25 orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 orgC]}\right]$$

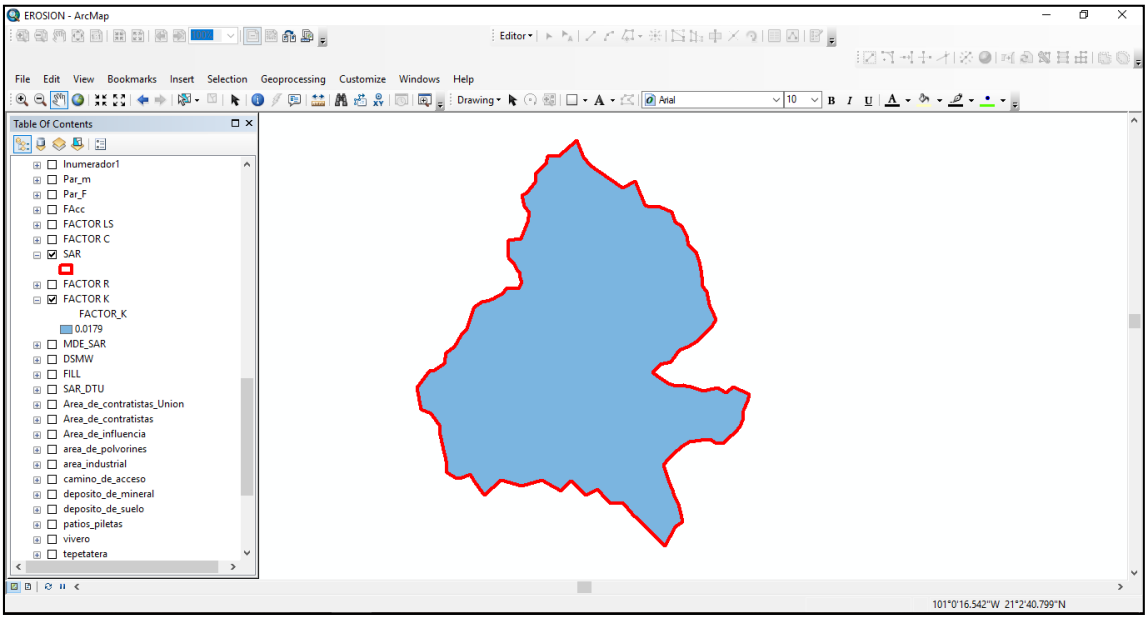
$$f_{hisand} = \left[1 - \frac{0.70\left(1 - \frac{m_s}{100}\right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100}\right) + \exp\left[-5.51 + 22.9\left(1 + \frac{m_s}{100}\right)\right]}\right]$$

Finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados, al sustituirlos en las formulas se obtiene que el valor de K es de 0.02 (Tabla IV.93). Esto dato se agregó a una nueva columna en el SHP del DSMW recortado y con este valor se generó un nuevo raster denominado FACTOR K (figura IV 34).

Tabla IV. 93. Valor de K en el SAR y CUSTF.

Soil unit symbol	Fcsand	F ci-si	F orgc	F hisand	K usle	K*0.1317
Luvisol (L)	0.200	0.729	0.987	0.946	0.136	0.02

Figura IV. 34. Raster del FACTOR K en el SAR.



Factor LS

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores: longitud (L) y grado de pendiente (S). La longitud L se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente, al grado de que ocurre una sedimentación o bien hasta el punto donde el escurrimiento, una vez concentrado, encuentra un canal de salida bien definido.

En general, el escurrimiento superficial se concentra en longitudes inferiores a 120 m, por lo que en muchas situaciones este valor constituye un umbral límite para los análisis de predicción de la erosión. En algunas ocasiones se usan pendientes hasta de 300 m, pero no se recomienda usar distancias mayores a ésta en USLE. Las longitudes de pendientes estimadas en mapas topográficos son normalmente muy largas, pues dichos mapas no tienen la resolución suficiente para indicar las áreas de flujo concentrado que determinarían las longitudes de pendiente.

El factor de grado de pendiente (S) refleja la influencia del ángulo de la misma en la erosión. La pendiente puede ser determinada usando mapas topográficos con curvas a nivel equidistantes, si se tiene el cuidado adecuado, o en el mejor de los casos, utilizando un MDE (Modelo Digital de Elevaciones). Para la determinación de este factor se utilizó el MDE escala 1:50,000, proporcionado por INEGI, en su versión más reciente. Se determinó primero el factor L y después el S, para finalmente obtener el producto de ambos. Para ello se utilizaron las formulas propuestas por Foster (1977) y Desmet y Gover, Velazquez (2008) como se muestran a continuación:

FACTOR L

Foster,1977

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m}, \qquad m = \frac{F}{1+F}, \qquad F = \frac{\sin\beta/0.0896}{3(\sin\beta)^{0.8}+0.56}$$

Con los SIG, DESMET & GOVER, VELAZQUEZ, 2008

$$L_{(i,j)} = \frac{\left[A_{(i,j)} + D^2\right]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{\,m+1}}{x^m D^{m+2}(22.13)^m}$$

Donde:

B = Pendiente a nivel de pixel (debe estar expresada en radianes a grados multiplicar por 0.01745) (Ilustración 3).

A = acumulación del flujo a nivel del pixel (ilustración 4)

D = Lado del Pixel (50)

X = Coeficiente de forma (x=1 para sistemas pixelados)

Primeramente, se calculó el valor de “F” y posteriormente “m”. Para calcular el primer valor, se calcularon las pendientes en el SAR cuyo raster generado es conocido como β (figura IV.35).

Figura IV. 35. Raster de Pendientes en el SAR o valor de β.

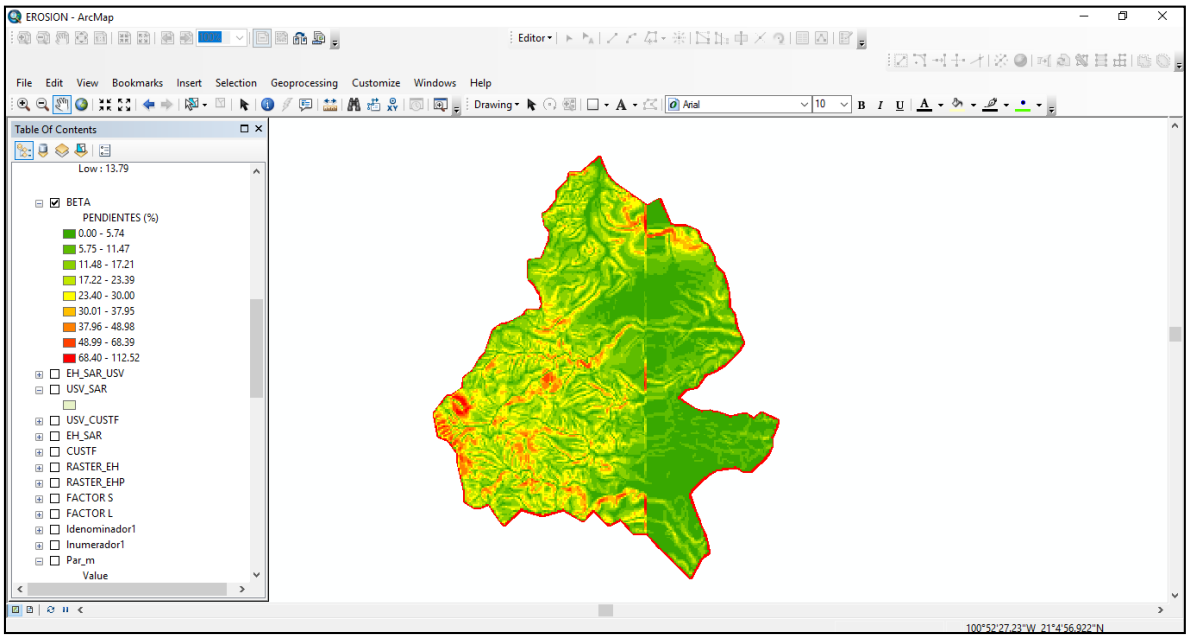
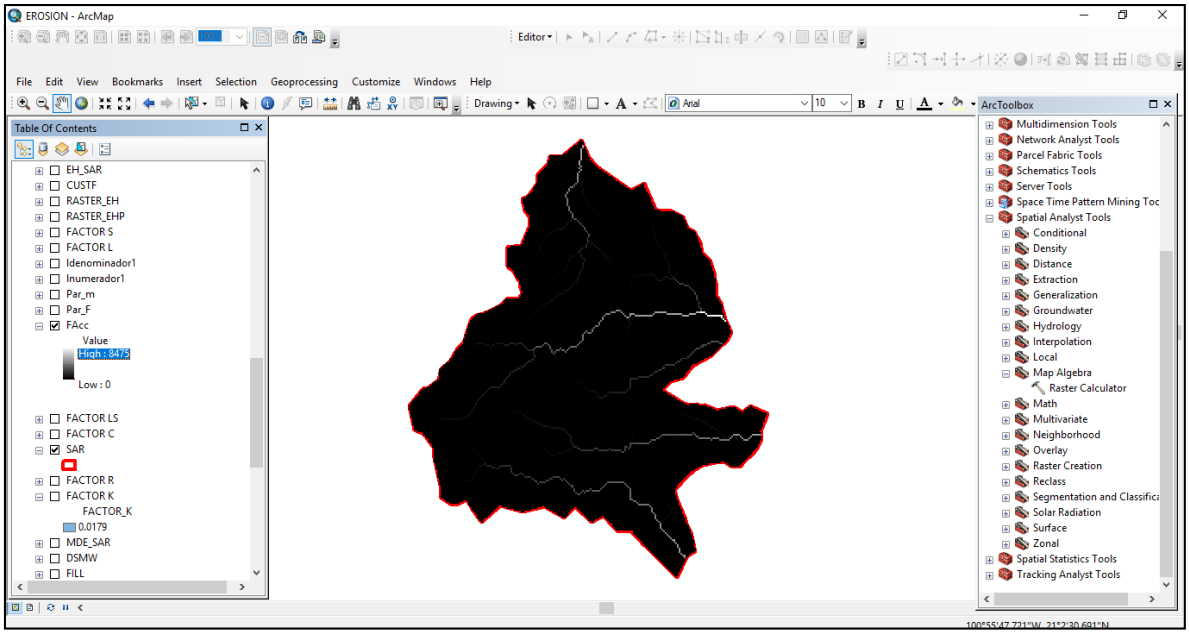


Figura IV. 36. Acumulación del flujo en el SAR.



Para F, se calculó en el Programa ArcGis con la herramienta raster calculator (figura IV. 37). Una vez calculado el valor de F, se calculó el valor de m (figura IV.38).

Figura IV. 37. Valor de F calculado en ArcGis.

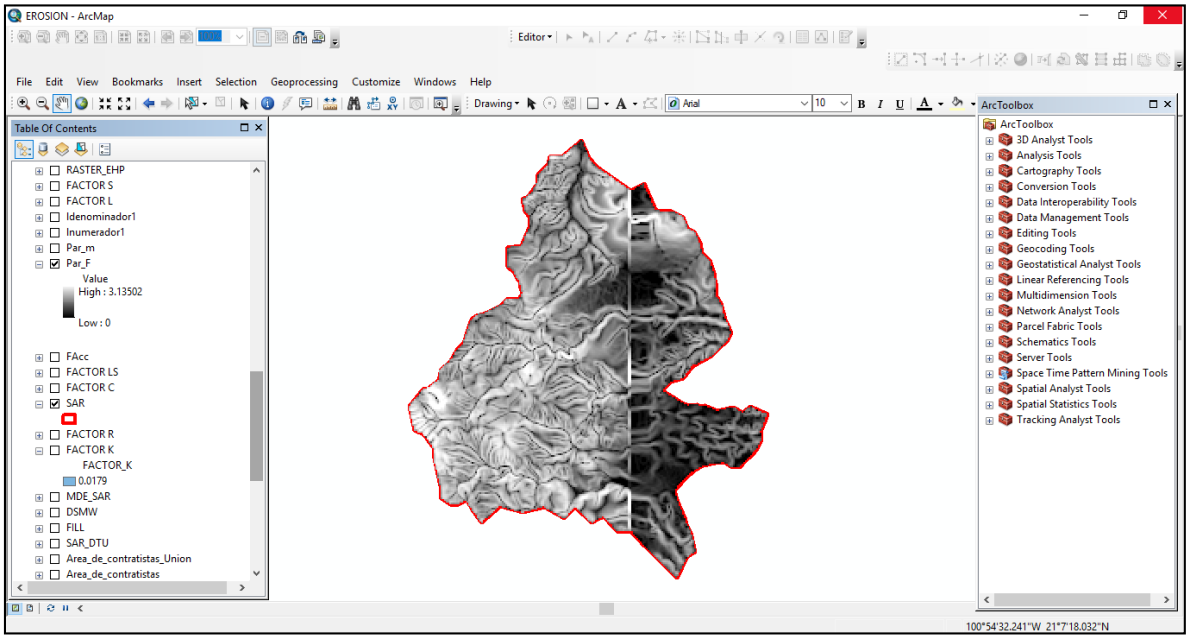
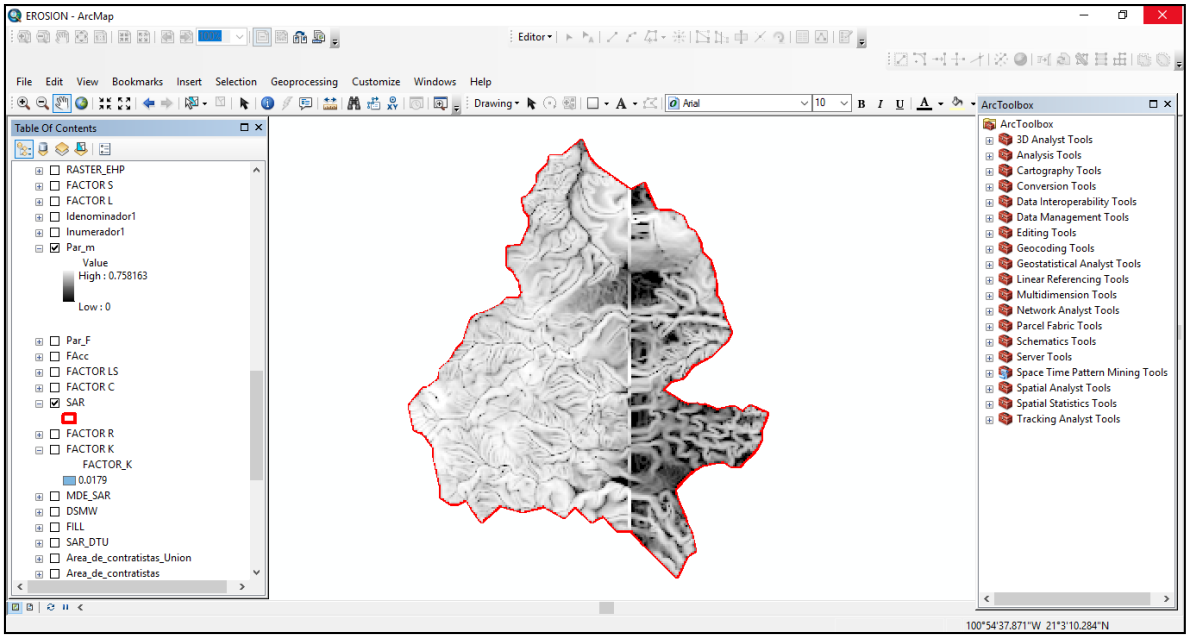
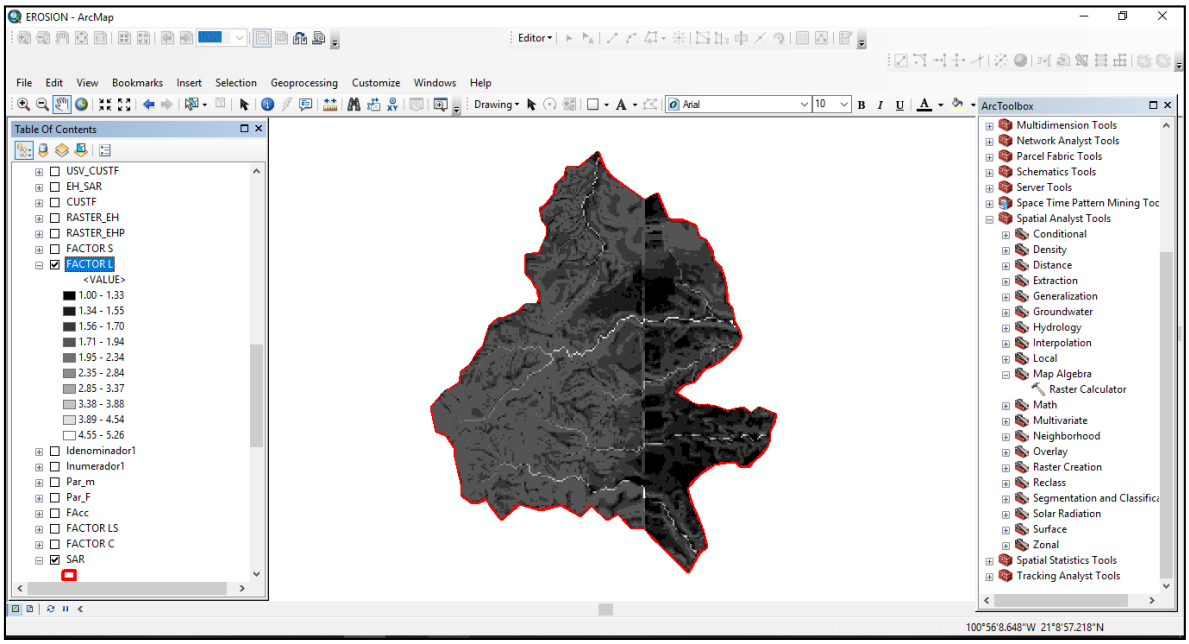


Figura IV. 38. Valor de m calculado en ArcGis.



Teniendo los raster anteriores se procedió a calcular el Factor L, con la ecuación que se presentó anteriormente.

Figura IV. 39. Raster del FACTOR L en el SAR.



Para calcular el Factor S, se usó la siguiente formula:

FACTOR S

McCOOLS

Cuando $\tan \beta_{(i,j)} < 0.09$ $\quad S_{(i,j)} = 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03$

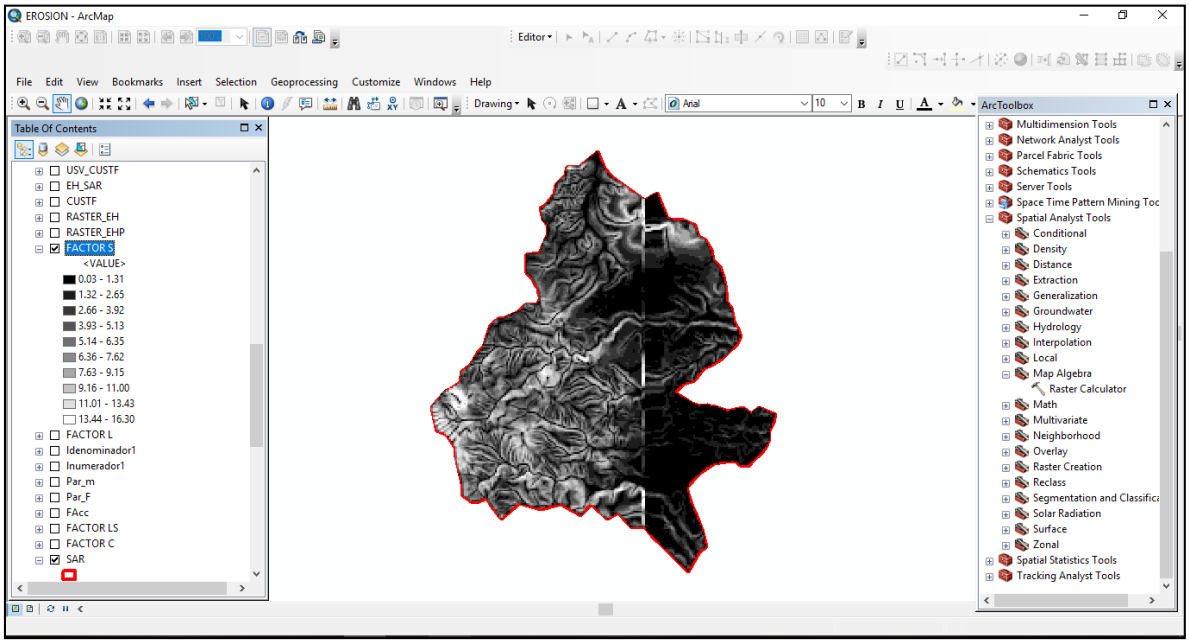
Cuando $\tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09$ $\quad S_{(i,j)} = 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5$

Como se muestra en la formula anterior, para calcular el factor S, se tuvo que aplicar un condicionante. Para ello en el Programa ArcGis se ingresó la siguiente formula con los comandos correspondientes del Programa:

Con(Tan("BETA"*0.01745) < 0.09,10.8*Sin("BETA"*0.01745) + 0.03,16.8*Sin("BETA"*0.01745)-0.5)

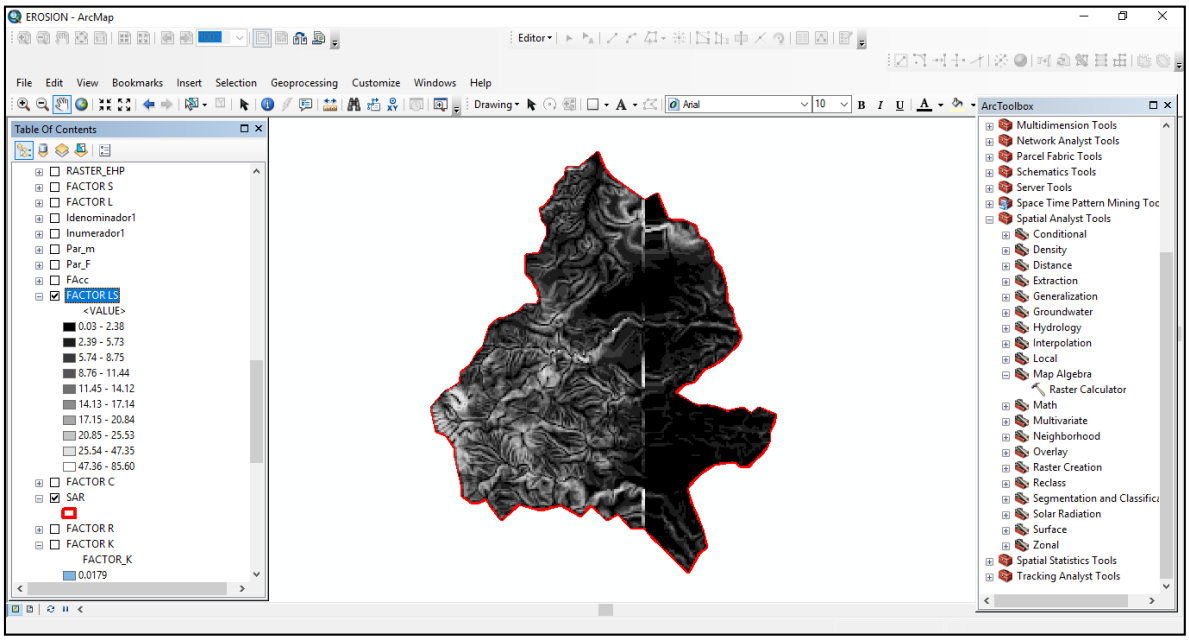
Dicha fórmula se ingresó con la herramienta raster calculator. Finalmente se obtuvo el Factor S (figura IV.40).

Figura IV. 40.Raster del FACTOR S en el SAR.



Teniendo los factores L y S, se obtuvo el producto de los dos para el Factor LS (figura IV.41).

Figura IV. 41. Raster del FACTOR LS en el SAR.



En la Tabla IV 94 se presentan los valores para los factores L, S y LS, los cuales se encuentran distribuidos por rangos.

Tabla IV. 94. Valores de los factores L, S y LS para el SAR.

FACTOR L	
NO.	RANGOS
1	1.00 - 1.33
2	1.34 - 1.55
3	1.56 - 1.70
4	1.71 - 1.94
5	1.95 - 2.34
6	2.35 - 2.84
7	2.85 - 3.37
8	3.38 - 3.88
9	3.89 - 4.54
10	4.55 - 5.26

FACTOR S	
NO.	RANGOS
1	0.03 - 1.31
2	1.32 - 2.65
3	2.66 - 3.92
4	3.93 - 5.13
5	5.14 - 6.35
6	6.36 - 7.62
7	7.63 - 9.15
8	9.16 - 11.00
9	11.01 - 13.43
10	13.44 - 16.30

FACTOR LS	
NO.	RANGOS
1	0.03 - 1.00
2	2.39 - 5.73
3	5.74 - 8.75
4	8.76 - 11.44
5	11.45 - 14.12
6	14.13 - 17.14
7	17.15 - 20.84
8	20.85 - 25.53
9	25.54 - 47.35
10	47.36 - 85.60

Factor C

El factor C se asigna con el objeto de reflejar el efecto de la vegetación y las prácticas de manejo en las tasas de erosión. Se trata del factor usado con más frecuencia para comparar el efecto relativo de diferentes opciones de manejo en un plan de conservación. Dicho factor indica cómo el plan de conservación afectará la tasa promedio anual de erosión, y cómo la pérdida potencial de suelo se distribuirá en el tiempo durante las actividades de construcción, rotación de cultivos u otros esquemas de manejo, así como los cambios en el uso de suelo.

Para una condición estándar, es decir, sin cobertura vegetal y con barbecho continuo, la cual es extrema en cuanto a que representa las condiciones más favorables para la erosión, el valor de C es la unidad. A medida que la cobertura vegetal sea mayor, el valor de C es cada vez menor, por lo que el rango para este parámetro va de 0 (correspondiente a un terreno totalmente protegido) a 1.0 (para terrenos sin ninguna protección). Además de la vegetación activa, en el valor de C se toma en cuenta la presencia de residuos de plantas muertas, las raíces, los sistemas radiculares de los pastos y árboles, ya que todos estos elementos contribuyen a mantener al suelo en su sitio e incrementan la infiltración.

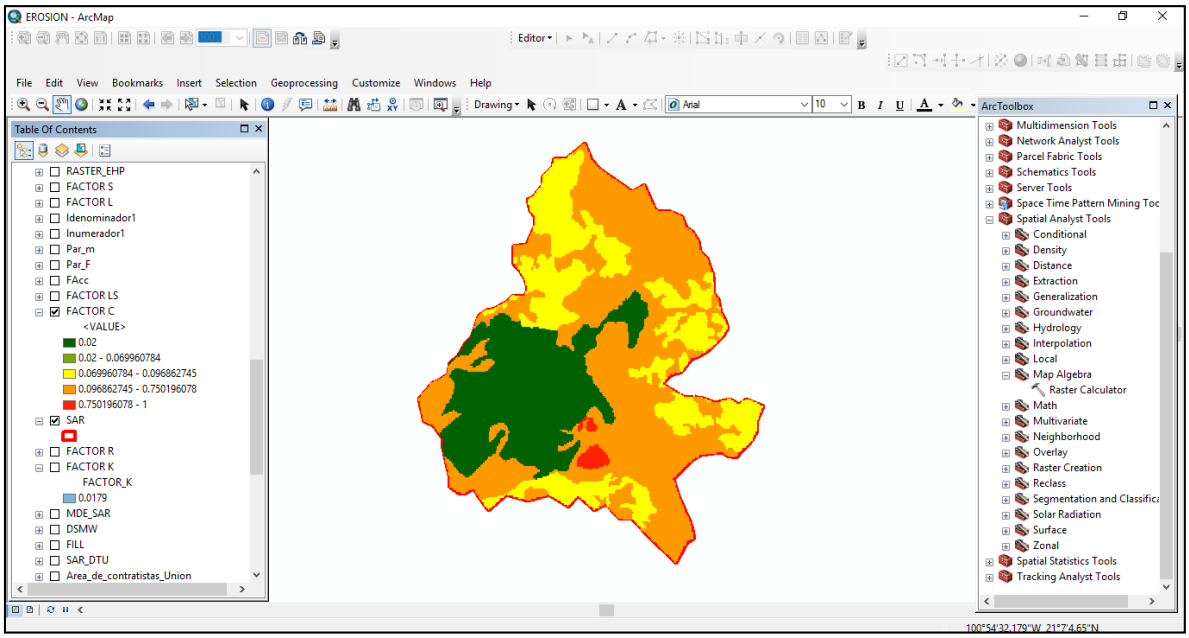
Para obtener el valor de C para cada tipo de uso de suelo presente en el SAR y CUST, se realizó una consulta bibliográfica para determinar sus valores correspondientes. En la Tabla IV.95, se presentan los valores de C para cada tipo de uso de suelo presente en el SAR y CUST.

Tabla IV. 95. valores de C para cada tipo de uso de suelo presente en el SAR y CUST.

FACTOR C		
NO.	**USO DE SUELO Y VEGETACIÓN**	**FACTOR C**
1	Pastizal inducido	0.020
2	Pastizal natural	0.070
3	Agricultura de temporal anual	0.750
4	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.100
5	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	0.070
6	Área desprovista de vegetación	1.000
7	Sin vegetación aparente	1.000

Así mismo se realizó un raster para el Factor C, para ello los valores de C antes descritos se agregaron a una nueva columna en el SHP Uso de suelo y vegetación en el SAR. En la figura IV.42 se presenta el raster para el **Factor C**.

Figura IV. 42. Raster del FACTOR C en el SAR.



Factor P

Por definición, el factor de práctica de soporte P en USLE es la tasa relativa de pérdida de suelo con una práctica específica con respecto a la pérdida de suelo correspondiente con un laboreo combinado, volteando el suelo pendiente arriba y pendiente abajo. Las prácticas de soporte afectan principalmente la erosión mediante la modificación del patrón de flujo, grado de pendiente o dirección del escurrimiento superficial, y mediante la reducción de la tasa y cantidad de escurrimiento.

Cabe destacar que el Factor P no se tomó en cuenta para este estudio, ya que en el SAR se desconoce la practica o presencia de obras de conservación de suelos.

MULTIPLICACIÓN DE LOS FACTORES

Finalmente se realizó la multiplicación de los raster de los factores para obtener la erosión hídrica:

$$A = R\ K\ LS\ C$$

Para la obtención de la erosión hídrica se estimó bajo dos escenarios. El primer escenario cuando existe cobertura vegetal (con factor C) y en el escenario 2, bajo el supuesto de realizar el cambio de uso de suelo (suelo desnudo sin factor C). Los resultados se presentan en las siguientes ilustraciones: En la figura IV.43, se presenta el raster de la erosión hídrica potencial en el SAR y en la figura IV.44, el raster de la erosión hídrica real.

Figura IV. 43. Raster de la Erosión hídrica potencial en el SAR, sin factor C.

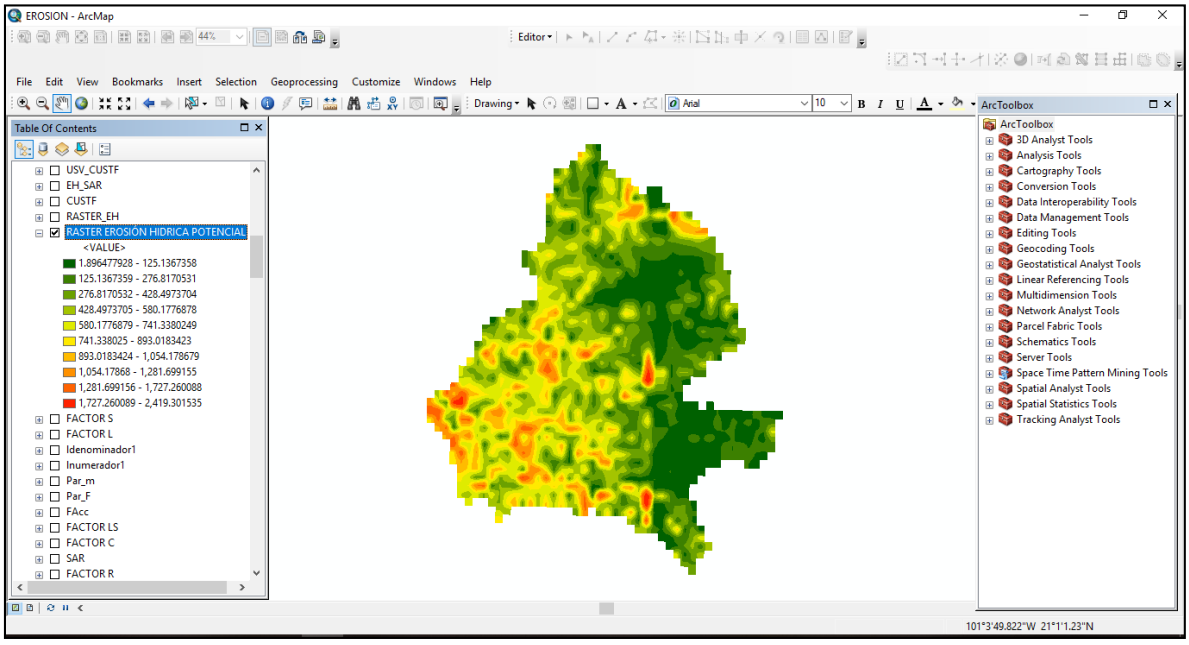
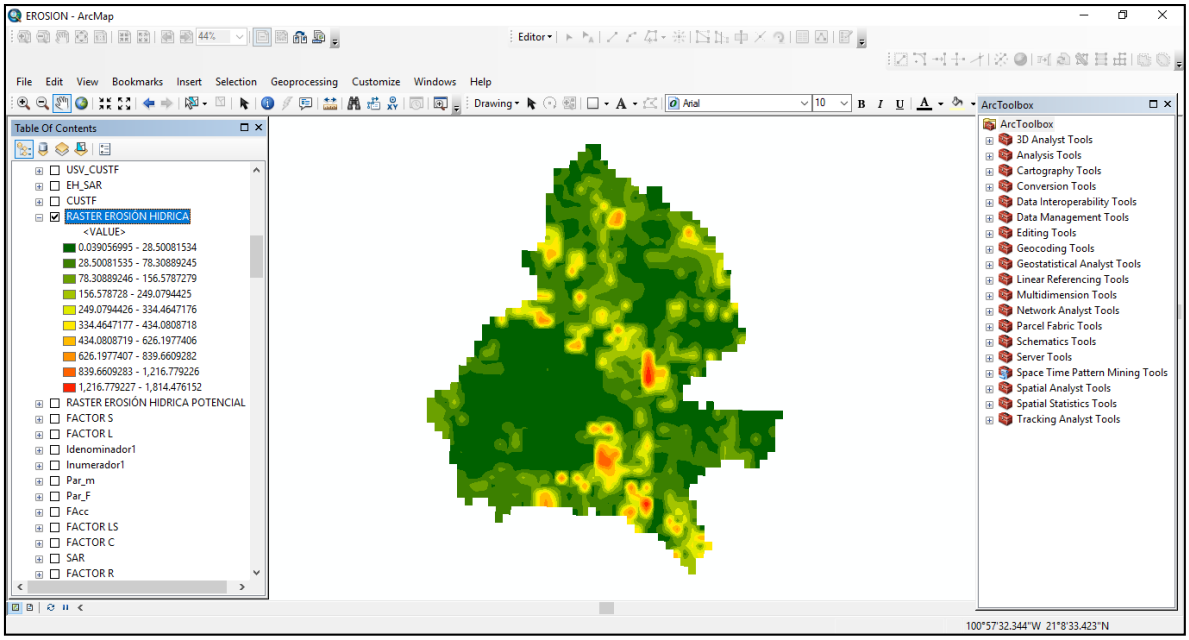


Figura IV. 44.Raster de la Erosión hídrica real en el SAR, con factor C.



Los resultados obtenidos son para el SAR, para calcular la erosión en el CUSTF, se realizó un recorte con el SHP del área de CUSTF. En los anexos denominados: ANEXO 11-06 EROSIÓN HIDRICA EN EL SAR y ANEXO 11-06 EROSIÓN HIDRICA EN EL CUSTF del presente estudio, se presentan los resultados por uso de suelo para las dos áreas de análisis. Una vez obtenidos cada uno de los factores, se realizó el producto obteniéndose los siguientes resultados de erosión hídrica potencia:

Tabla IV. 96. Erosión hídrica del sitio sujeto a SAR

NO.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	EROSIÓN (Ton/año)	EROSIÓN (%)
1	Pastizal inducido	45900.28663	6.88
2	Pastizal natural	56993.47279	8.54
3	Agricultura de temporal anual	369696.1994	55.43
4	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	103516.4539	15.52
5	Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	72869.43822	10.93
6	Área desprovista de vegetación	6124.061113	0.92
7	Sin vegetación aparente	11894.28614	1.78
TOTAL		**666,994.20**	**100**

Tabla IV. 97.Erosión hídrica del sitio sujeto a CUSTF

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL ÁREA DE CUSTF	EROSIÓN (Ton/año)
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL	4095.73
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	1428.84
TOTAL	**5524.57**

Conforme a los cálculos realizados en el SAR actualmente se presenta una erosión promedio de 78.64 ton/ha/año, mientras que en el sitio sujeto a CUFT de 32.88 ton/ha/año, por lo que, conforme a lo establecido en la clasificación descrita por FAO, 1980 la erosión hídrica que se presenta en el SAR se considera muy severa, mientras que la zona sujeta a CUSTF se considera Severa.

Tabla IV. 98. Clasificación de erosión

NIVEL	EROSIÓN (Ton/ha/año)	TIPO DE EROSIÓN
1	<0.5	Normal
2	0.5-5.0	Ligera
3	5.0-15.0	Moderada
4	15.0-50.0	Severa
5	50.0-200.0	Muy severa
6	>200.0	Catastrófica

Erosión eólica

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento. El viento es un eficaz agente de erosión capaz de arrancar, levantar y transportar partículas, sin embargo, su capacidad para erosionar rocas compactadas y duras es limitada. En el fenómeno de erosión eólica, es determinante la superficie sobre la que actúa el viento. Su alteración no se limita a puntos o áreas limitadas como ocurre con la erosión hídrica, la acción del viento se ejerce sobre la totalidad de la superficie (López, 2012). Este fenómeno se presenta de manera predominante en las zonas áridas y semiáridas, aunque también se presenta en las regiones con escasa o nula vegetación durante la estación seca (Carabias et al., 1998).

En seguida se describe la metodología empleada para estimar la erosión eólica que se presenta tanto en el SAR como en la superficie sujeta a CUSTF.

Determinación de pérdida de suelo por erosión eólica

La predicción de la pérdida de suelo por efecto de la erosión eólica en el SAR se evaluó utilizando una ecuación paramétrica, la cual fue utilizada por Torres et al., (2003), en su trabajo realizado en la cuenca “El Josefino”, Jesús María, Jalisco, misma que se presenta a continuación:

$$\mathrm{Pee} = \mathrm{f}(\mathrm{C}^1, \mathrm{S}, \mathrm{T}, \mathrm{V})$$

Donde:

Pee = pérdida de suelo por erosión eólica (ton/ha/año).

C1 = índice de agresividad del viento.

S = índice de erosionabilidad del suelo.

T = índice topográfico.

V = índice de vegetación.

Cabe mencionar que los factores S, T y V ya fueron calculados en la erosión hídrica; donde el factor S es también conocido como K, T como el factor LS y V como el Factor C. Por lo tanto, solo se calculó el Factor C1, con la metodología que se describe a continuación:

El índice de agresividad del viento se calculó mediante el índice eólico de Chepil et al., (1963) modificado, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\mathrm{C}^1 = \frac{1}{100}\sum_{1}^{12}\left(\mathrm{V}^3\,\frac{(\mathrm{ETP}-\mathrm{P})}{\mathrm{ETP}}\,\mathrm{n}\right)$$

Donde:

C1 = Índice de agresividad del viento (Tabla 7).

V = Velocidad del viento (m s-1).

ETP = Evapotranspiración.

P = Precipitación.

Los datos climáticos para el cálculo de este índice corresponden a los utilizados en el factor R de la erosión hídrica. Los factores S, T y V fueron retomados de los factores K, LS y C de la ecuación universal de pérdida de suelo por erosión hídrica.

En la Tabla IV.99 se muestran los resultados obtenidos al aplicar la fórmula del índice de agresividad del viento.

Tabla IV. 99. Índice de agresividad del viento.

FACTOR C1 VELOCIDAD DEL VIENTO				***km/h=***	***7.000***	***m/s***	***1.94***
MES	**P**	**ETP**	**V**	**V3**	**N**	$V^3\frac{(ETP-P)}{ETP}n$	**C1**
Enero	15.8	74.93	1.94	7.35	24	141.922	13.798
Febrero	10.4	75.71	1.94	7.35	27	169.593	
Marzo	7.1	120.69	1.94	7.35	29	201.877	
Abril	13.9	150.87	1.94	7.35	28	187.843	
Mayo	36.2	183.33	1.94	7.35	25	146.785	
Junio	100.5	159.49	1.94	7.35	11	31.179	
Julio	128.8	148.53	1.94	7.35	4	4.022	
Agosto	107.0	146.10	1.94	7.35	8	16.324	
Septiembre	88.0	127.56	1.94	7.35	10	21.919	
Octubre	37.9	113.22	1.94	7.35	21	100.862	
Noviembre	11.2	89.93	1.94	7.35	27	174.672	
Diciembre	8.0	76.56	1.94	7.35	28	182.759	
SUMATORIA						**1,379.76**	

La velocidad del viento utilizada fue de 7 Km/h, este dato fue tomado de la Estación meteorológica Dolores Hidalgo, Gto. Al convertir los 7 Km/h resultaron 1.94 m/s mismos que se pueden observar en la columna “V”.

El número de días por mes en los que hay erosión (columna N), se utilizó la siguiente formula:

$$N = \frac{ETP - P}{ETP} * DM$$

Donde:

N: Número de días por mes en los que hay erosión

ETP: Evapotranspiración potencial

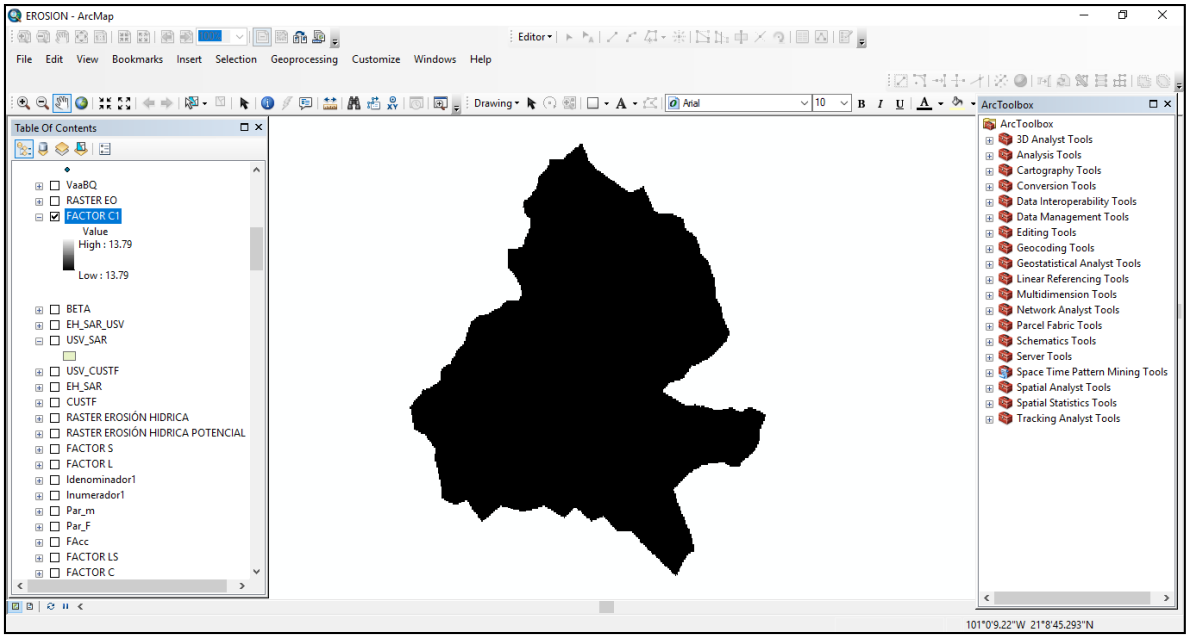
P: Precipitación

Dm: Días de Cada mes

Una vez obtenido el factor C1 se procedió a hacer el cálculo de la erosión eólica (Pee).

A partir del valor obtenido en la tabla anterior, se obtuvo el raster para el Factor C1 (figura IV.45).

Figura IV. 45.Raster del FACTOR C1 en el SAR.



Para la obtención de la erosión eólica se estimó bajo dos escenarios, mismos que se presentaron anteriormente para la erosión hídrica. Los resultados se presentan en las

siguientes ilustraciones: En la figura IV.46, se presenta el raster de la erosión eólica real en el SAR y en la figura IV.47, el raster de la erosión eólica potencial.

Figura IV. 46. Raster de la Erosión eólica real en el SAR, con factor C.

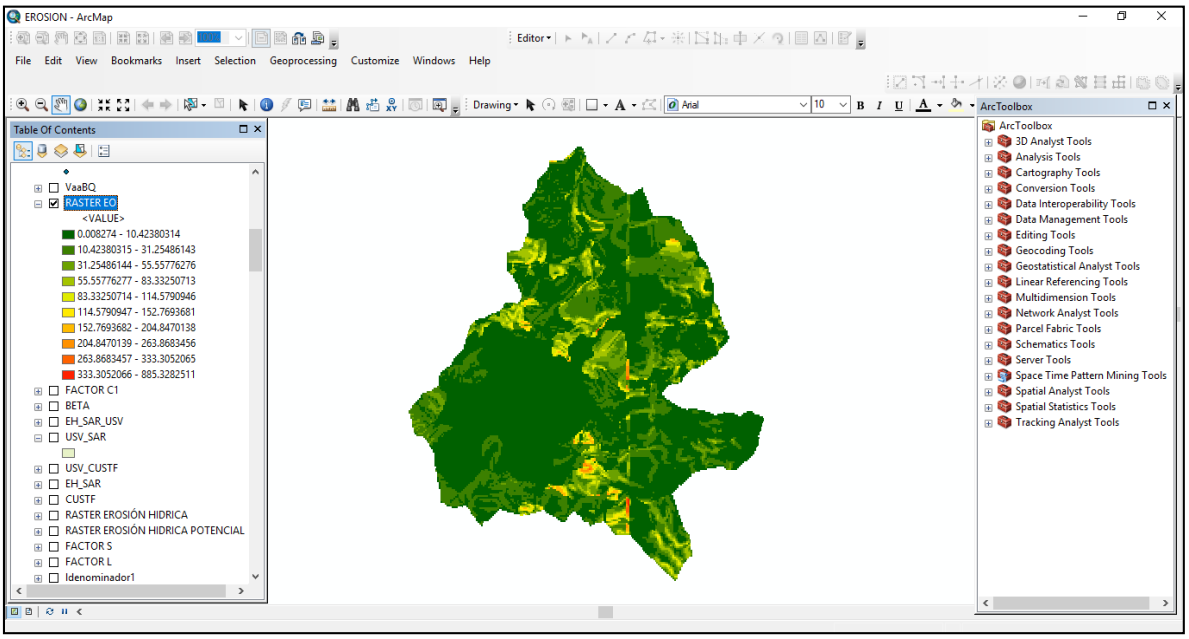
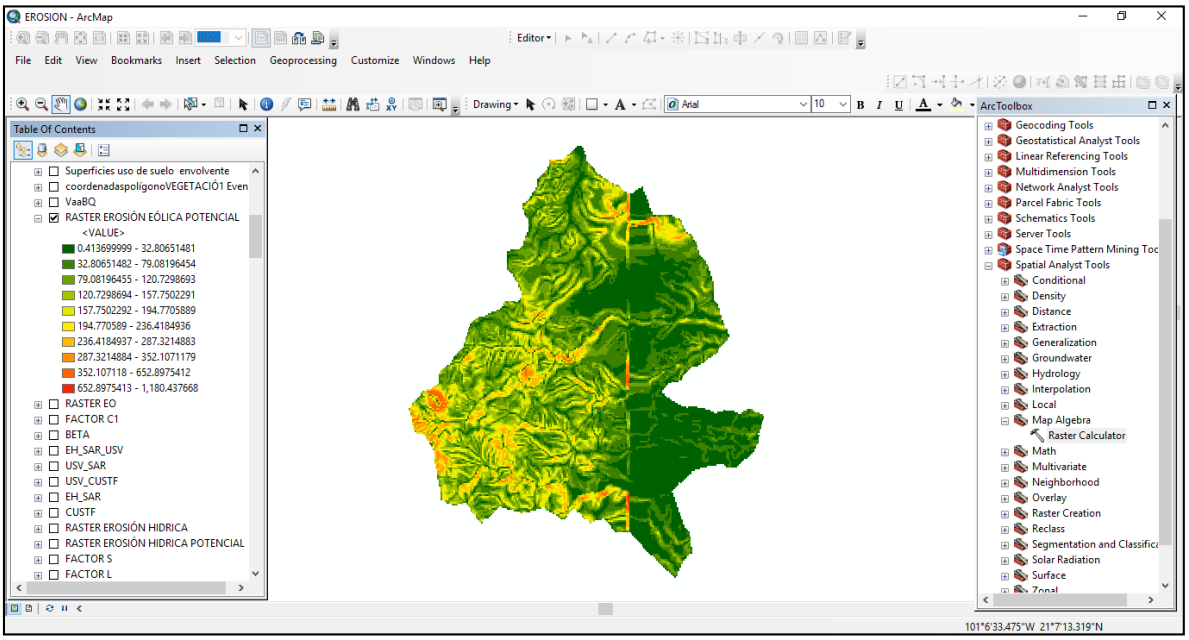


Figura IV. 47. Raster de la Erosión eólica potencial en el SAR, sin factor C.



Los resultados obtenidos son para el SAR, para calcular la erosión eólica en el CUSTF, se realizó un recorte con el SHP del área de CUSTF. En los anexos denominados: ANEXO EROSIÓN EÓLICA EN EL SAR y ANEXO EROSIÓN EÓLICA EN EL CUSTF del presente estudio, se presentan los resultados por uso de suelo para las dos áreas de análisis.

Una vez obtenidos cada uno de los factores, se realizó el producto obteniéndose los siguientes resultados de erosión hídrica potencia:

Tabla IV. 100. Erosión eólica del sitio sujeto a SAR

NIVEL	EROSIÓN (Ton/ha/año)	EROSIÓN (Ton/año)	EROSIÓN (%)
1	<0.5	277.96	0.22
2	0.5-5.0	9,359.62	7.34
3	5.0-15.0	26,895.89	21.09
4	15.0-50.0	35,051.78	27.49
5	50.0-200.0	50,710.02	39.77
6	>200.0	5,227.23	4.10
TOTAL		**127,522.51**	**100**

Tabla IV. 101.Erosión eólica del sitio sujeto a CUSTF

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL ÁREA DE CUSTF	EROSIÓN (Ton/año)
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL	496.81
VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE ENCINO	270.27
TOTAL	**767.09**

Conforme a los cálculos realizados en el SAR actualmente se presenta una erosión eólica promedio de 15.03 ton/ha/año, mientras que en el sitio sujeto a CUSTF de 4.56 ton/ha/año, por lo que, conforme a lo establecido en la clasificación descrita por FAO, 1980, tabla IV.98, la erosión eólica que se presenta en el SAR se considera moderada, mientras que la zona sujeta a CUSTF se considera ligera.

4.4. Diagnóstico ambiental

Este apartado tiene como objetivo el analizar la información recabada para cada uno de los diferentes elementos que componen el sistema ambiental, que impera en la zona de estudio del Proyecto. Con la información recabada, se pretende elaborar un inventario y posteriormente formular un diagnóstico, previo a la realización del proyecto que comprende las obras propuestas. En este análisis, se incluyen las actividades productivas y antropogénicas que actualmente se desarrollan en el sitio del Proyecto y se pretende mediante él, determinar el grado de perturbación de los recursos naturales y los cambios sufridos por las emisiones contaminantes existentes.

Tabla IV. 102. Diagnóstico ambiental

Componente ambiental	Indicador	Estado actual del componente ambiental
Medio físico		
Clima	Modificación del microclima	El clima actualmente en el área del proyecto es dominado por templado subhúmedo, el clima no se verá afectado de manera significativa por las operaciones del proyecto.
Calidad del aire	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones a la atmósfera	La calidad del aire tanto en el SAR como en el sitio del proyecto, actualmente se considera como buena. Identifica que las fuentes generadoras de polvo dentro del SAR son principalmente el tránsito de los caminos de terracería y el manejo de las tierras agrícolas; así como las actividades que realiza la empresa Vitromex por la extracción de arcilla, al Suroeste de la localidad Silleros.
Ruidos y vibraciones	Presencia o ausencia de fuentes de emisiones de ruido	La generación de ruido producto del flujo vehicular, y transporte de maquinaria.
Hidrología superficial	Presencia o ausencia de contaminación de los ríos y cuerpos de agua	Se pudo establecer que el agua superficial y subterránea, tanto en el SAR, como en el sitio del proyecto; cumple con la mayoría de los límites permisibles establecidos de la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.
Hidrología subterránea	Estado actual del acuífero (sobreexplotado o subexplotado)	Por lo que se refiere a la calidad del agua subterránea, el estudio de 1971 reporta que el agua alumbrada en general es de buena calidad, basándose en los contenidos de sólidos totales disueltos, aunque se apreciaban algunos valores altos, sobre todo en norias. En la zona de Dolores Hidalgo aumentaban las concentraciones a 300 y 400 ppm, de Poniente a Oriente, aunque en la zona predominaban los valores de 200 y 300 ppm. No existe volumen disponible para nuevas concesiones.
Geomorfología	Modificación de relieve	El relieve del SAR consistente en llanuras con lomeríos leves y lomeríos de pie de móntelos los cuales permanece sin cambios significativos, en el área del proyecto han sido modificados por las actividades mineras de la zona y por la construcción de caminos y brechas.
Suelo	Presencia o ausencia de erosión y/o contaminación	Actualmente tienen un contenido considerable de materia orgánica, que mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; sus niveles de compactación no afectan de manera importante la infiltración ni el intercambio gaseoso; están bien estructurados lo que reduce el riesgos de degradación; tienen una gran reserva de nutrientes conferida por una elevado porcentaje de saturación de bases y un pH cercano a la neutralidad y su textura es principalmente migajón arcillosa, que les permite retener humedad para el desarrollo de la vegetación.

Componente ambiental	Indicador	Estado actual del componente ambiental
		La deforestación han sido los principales precursores de deterioro, constituyéndose la erosión hídrica como la principal consecuencia de los desequilibrios generados en el ecosistema.
Medio biótico		
Vegetación	Estado de conservación	La vegetación es el recurso que se observa más afectado, tanto en el SAR como en el sitio del proyecto. Actualmente, a través de un análisis visual de la imagen de satélite, e imágenes tomadas con dron, correspondiente a la zona, la cubierta vegetal se visualiza como un complejo mosaico de áreas agrícolas, pastos inducidos y alterados y relictos de bosque de encino y arbustos de estructura secundaria donde la vegetación original ha desaparecido casi por completo.
	Especies en estatus de conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2010	Dentro la caracterización de la vegetación no se reportó especie con estatus de conservación en la NOM059-SEMARNAT-2010.
Fauna	Número de especies	35 Especies, distribuidas en 29 especies de Aves, 3 Reptiles y 3 Mamíferos.
	Especies en estatus de conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2010	Del total de las especies registradas, solamente la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) se encuentran incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, perteneciente a los reptiles, clasificada bajo protección especial (Pr).
Medio socioeconómico		
Paisaje	Disminución de la calidad del paisaje	Es una zona de fragilidad paisajística media, cuyos elementos se encuentran condicionados a las evidencias de alteración y condiciones ambientales en gran parte del SAR, la principal afectación al paisaje es el desmonte de la vegetación para la conversión a actividades agropecuarias.
Demografía	Tasa de crecimiento	Se puede inferir que de los años 1990 a 2010, en las cuatro localidades prácticamente no se produjo el fenómeno de decrecimiento, solo se observa que la población que mostro un decremento significativo es la localidad de San Isidro del Sisote; por lo demás en las tres localidades restantes se observa un incremento de la población menor al 1%.

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

CONTENIDO

5. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 1

5.1. Identificación de impactos 3

5.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 6

5.1.1.1. Obras y actividades del proyecto 10

5.1.1.2. Aspectos ambientales asociadas a las actividades 11

5.1.1.3. Aspectos del medio socioeconómico considerados 19

5.1.1.4. Identificación y descripción de los impactos ambientales 20

5.1.1.5. Indicadores de impacto 30

5.1.2. Metodología para evaluar impactos 33

5.1.2.1. Conclusiones del diagnóstico ambiental 33

5.1.2.2. Estructura del método de evaluación 35

5.1.2.3. Valoración de la importancia del Impacto Ambiental 41

5.1.2.4. Resultados de la evaluación de los impactos ambientales 43

5.1.2.5. Análisis de los impactos ambientales evaluados 55

5.1.2.6. Análisis de los impactos ambientales negativos severos 63

5.1.2.7. Análisis de los impactos ambientales negativos moderados 68

5.1.2.7.1. Impactos a la calidad del aire 68

5.1.2.7.2. Impactos por incremento de ruido 70

5.1.2.7.3. Impactos por cambios geomorfólogicos del sitio 71

5.1.2.7.4. Impactos calidad del suelo 73

5.1.2.7.5. Impactos hidrología superficial 74

5.1.2.7.6. Impactos hidrología subterránea 75

5.1.2.7.7. Impactos vegetación y flora terrestre 78
5.1.2.7.8. Impactos fauna terrestre 80
5.2. Conclusiones 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V. 1. Proceso de identificación del impacto ambiental 9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V. 1. Ejemplo del proceso de identificación de impactos ambientales 9
Tabla V. 2. Sperficie requerida por obras y actividades del proyecto..... 11
Tabla V. 3. Etapa del proyecto, actividades y aspectos ambientales..... 13
Tabla V. 4. Relación causa-efecto entre actividades y elementos naturales..... 22
Tabla V. 5. Indicadores de Impacto..... 31
Tabla V. 6. Atributos de los impactos y valores de calificación 39
Tabla V. 7. Concentrado de la Evaluación de impactos ambientales..... 44
Tabla V. 8. Impactos en calidad del aire 48
Tabla V. 9. Incremento del ruido ambiental..... 49
Tabla V. 10. Impactos cambios geomorfólogicos..... 50
Tabla V. 11. Impactos en calidad del suelo..... 51
Tabla V. 12. Impactos en hidrología superficial (Calidad del agua) 52
Tabla V. 13. Impactos en la hidrología subterránea (Calidad del agua)..... 53
Tabla V. 14. Impactos de vegetación y flora 54
Tabla V. 15. Impactos en fauna terrestre 54
Tabla V. 16. Impactos socioeconómicos..... 54
Tabla V. 17. Interacciones esperadas..... 55
Tabla V. 18. Resumen de impactos ambientales evaluados..... 55
Tabla V. 19. Concentrado de impactos ambientales negativos..... 61
Tabla V. 20. Resumen de los impactos ambientales negativos 62

5. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

El Capítulo que nos ocupa, basa su elaboración, en los resultados obtenidos por la sobreposición, de las características particulares para construir las obras y desarrollar las actividades propuestas en el contexto del Proyecto **"Cerro del Gallo"** expuestas en el Capítulo II anterior, con los resultados obtenidos por la caracterización y análisis del diagnóstico ambiental descrito en el Capítulo IV; es decir, pretende identificar las interacciones que resultarán de la inserción del proyecto (obras propuestas y métodos de construcción; operaciones industriales unitarias; materiales a utilizar para la ejecución de las actividades y su manejo; los residuos mineros y peligrosos considerando sus interacciones; los recursos naturales cuyo aprovechamiento o explotación es necesaria para la ejecución de la mina; las emisiones al aire, suelo, agua etc.), en el escenario ambiental actual de la Región, definida por las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación y de la calidad de vida (REIA, 2000) que fueron identificados en el Sistema Ambiental Regional (SAR), principalmente por la intensidad de las actividades productivas inherentes a la agricultura de subsistencia y ganadería extensiva.

Debido a que el proyecto pretendido, se refiere a obras y actividades para la explotación de minerales metálicos con valores económicos de cobre, oro y plata, proponiendo para el fin el método de minado a cielo abierto, en un tajo que se conformará mediante bancos múltiples y, el beneficio de los minerales, pretende llevarse a cabo en un sistema de lixiviación para minerales de oro, plata y cobre, previa preparación mecánica (trituración, clasificación y aglomeración); considerando que para su la construcción, se requiere preparar el sitio siendo el desmonte y despalme, las primeras tareas que repercutirán en el derribo vegetación asociada a pastizal inducido, vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino; la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, el presente Capítulo considera las regulaciones (Leyes, Reglamentos, Normas, Programas, Decretos, Acuerdos, etc.) que se encuentran vigentes en la región donde se pretende la realización y como aspecto

relevante se apoya primeramente en la vinculación del proyecto con el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial emitido por el Gobierno del Estado de Guanajuato y la compatibilidad con las políticas contenida en dicho ordenamiento, que rigen las actividades a desarrollar en el sitio donde se pretende llevar a cabo, a todas luces jurídicamente vinculante; y en una segunda instancia en los resultados de las caracterizaciones obligadas para la promovente, en razón de lo contenido en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-155-SEMARNAT-2007 y NOM-157-SEMARNAT-2009, emitidas de manera respectiva, para regular los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata y la elaboración de planes de manejo de los residuos mineros; es decir la sobreposición señalada, incluye también lo contenido en el Capítulo III de la MIA-R que nos ocupa.

Para cumplir con el objetivo primordial del Capítulo consistente en identificar, describir (caracterizar) y valorar los impactos ambientales y analizar aquellos que resulten: significativos o relevantes; acumulativos, que incrementen la magnitud de los impactos ya ocasionados por las presiones actuales hacia los elementos del SAR; sinérgicos por un efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente y/o posean la característica de residualidad (que persistan de manera posterior a la aplicación de las medidas de mitigación), se utilizarán métodos probados, resultantes de la experiencia internacional plasmados en diversos documentos científicos y estándares nacionales (NOM y NMX) e internacionales (guías de la Corporación Financiera Internacional), en los cuales se detallan las observaciones en relación con los efectos ambientales negativos y las buenas prácticas o métodos de predicción de impactos para proyectos mineros, que permitan proponer medidas de prevención o mitigación de los impactos ambientales negativos, de aplicación forzosa por las NOM o ya probadas y validadas en el ámbito internacional, dirigidas hacia los componentes del sistema ambiental, que pudiesen ser los receptores de impactos ambientales negativos.

Por último, se resalta, que prácticamente la totalidad de las obras que se proponen para el minado, beneficio y servicios, serán de nueva creación ya que solo se aprovecharán aquellas relacionadas con los accesos y la infraestructura temporal para exploración (caminos, oficinas del proyecto preexistentes y almacenes de residuos).

5.1. Identificación de impactos

De conformidad con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (**LGEEPA**), "*La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente*" (LGEEPA, 1988) y para el fin, establece la obligación de los particulares de obtener **autorización en materia de impacto ambiental** por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT)**, **previo** al inicio de las obras y actividades enumeradas en el Artículo 28, entre otras, la **explotación y beneficio de minerales** y sustancias reservadas a la Federación en los términos de la Ley Minera y el **cambio de uso del suelo de áreas forestales**, así como en selvas y zonas áridas; es decir las obras y actividades pretendidas en el proyecto, deben sujetarse a la evaluación del impacto ambiental por parte de la **SEMARNAT** en razón de encuadrar en los supuestos citados.

Para obtener la autorización, con fundamento jurídico en el artículo 28 de la Ley General DEL equilibrio Ecológico y la protección al ambiente y su reglamento. Mismo que en congruencia con lo dispuesto en la **LGEEPA** y el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (**REIA**), los particulares deben presentar, "*una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias*

para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente", **identificando, describiendo y evaluando de los impactos ambientales** (REIA, 2000).

En ese sentido la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales **no es posible si se desconocen las características de las obras**, tanto en sus dimensiones como en los parámetros y condiciones bajo los cuales operarán; los recursos naturales involucrados, las emisiones esperadas; la temporalidad de las fases y otros efectos directos o indirectos hacia los elementos del sistema ambiental, del que a su vez, **deben también conocerse sus características y estado de conservación**, adicional a las presiones que sufre por las actividades que actualmente se desarrollan en el sitio del proyecto y el **SAR**.

Lo anterior se comenta, **en razón de la particularidad de los proyectos mineros**, ya que los impactos negativos potenciales reconocidos y cuyos efectos ambientales preocupan por su relevancia, se relacionan principalmente con el inadecuado **manejo de los residuos mineros** generados en la explotación y tratamiento de minerales y con la **inestabilidad de los sistemas de beneficio**; aunque también se reconoce **que los impactos pueden ser significativamente minimizados** a través de la aplicación de las mejores tecnologías ambientales que permitan el adecuado diseño, construcción, operación y eliminación de toxicidad de las instalaciones; así como de prácticas para el cierre definitivo y la restauración de este tipo de operaciones (SEMARNAT, 2010).

En ese tenor, el apartado que nos ocupa toma como base las recomendaciones y métodos contenidos "Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional" según su caso, los cuales se encuentran disponibles en http://tramites.semarnat.gob.mx en el micrositio de trámites de la SEMARNAT". Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo (IMNC, 2005) y diversos libros y artículos científicos entre los que se destaca:

- Evaluación de Impacto Ambiental (Gómez Orea, 2002);

- Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide (The Cumulative Effects Assessment Working Group, 1999);

- Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros (ELAW, 2010);

- Environmental Impact Assessment (Canter, 1999); y,

- Diccionario de la naturaleza. Hombre, ecología y paisaje (Ramos, 1987).

El método y proceso para identificar y evaluar los impactos ambientales, se desarrolló en las tres etapas coincidentes en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional y los autores citados:

1. En la primera, se llevó a cabo la selección de **las actividades que pueden interactuar con el ambiente** y los **elementos del sistema ambiental** que resultarían afectados o potencialmente afectados, por los cambios inherentes al desarrollo de las actividades, es decir, como primera etapa se llevó a cabo la **identificación de las interacciones entre las actividades pretendidas y el ambiente**, para de ahí identificar la ocurrencia de cambios que resulten en impactos a los elementos naturales.

2. Secuencialmente, se realizó un análisis detallado del diagnóstico ambiental contenido en el Capítulo IV anterior, **a fin de reconocer las particularidades de los elementos naturales**. Las características inherentes a los tipos de vegetación presentes, la Geoforma donde se desarrolla, el ambiente geológico considerando los tipos de sustratos, que por los procesos naturales o inducidos formaron el suelo, las características del suelo, la temporalidad de la presencia del agua superficial, las características del agua subterránea, la vulnerabilidad del acuífero, etc., ya que en su conjunto conforman el ámbito de interacción de los efectos que originará el desarrollo de las etapas del proyecto.

3. La última fase, se dedicó a la selección e implementación de **la metodología de evaluación**, justificando su uso en razón de las operaciones unitarias de los procesos que compondrán las actividades del proyecto y las obras donde se desarrollarán dichas actividades.

Con esas herramientas, se logró la identificación y caracterización de los impactos ambientales, calificando aquellos considerados de mayor importancia **sin interesar que encuadren en la definición de relevantes o significativos**[1] o que se consideren residuales acumulativos y/ sinérgicos **ya que en su mayoría son impactos que deben atenderse en razón de los mandatos normativos**.

Los resultados -*en una primera instancia*- se validaron mediante el contraste con las **Normas Oficiales Mexicanas** emitidas para los sistemas de beneficio de minerales y el manejo de los residuos mineros, y en una segunda instancia, con los documentos científicos señalados que tratan sobre los efectos en el ambiente y el ámbito social por operaciones mineras, en particular las guías vinculadas al **Banco Mundial**, emitidas a través de **Comisión Financiera Internacional** (IFC, 2007).

5.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Para la identificación y posterior descripción de los impactos ambientales del proyecto, como primer término se comprendió la definición de "**impacto ambiental**", ello debido a que la **LGEEPA** es clara en la obligación de los particulares, de proporcionar *una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas* y para cumplir dicha obligación, forzosamente debe desarrollarse la relación que existirá entre las obras o actividades pretendidas y los elementos naturales sobre los que tendrán influencia.

[1] Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales (REIA, 2000)

De acuerdo con la **LGEEPA**, el impacto ambiental se refiere, a la "***modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza***" y la misma **LGEEPA** establece que la **MIA**, es "*el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios,* ***el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad****, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo*", es decir, ambas definiciones pueden conjuntarse para definir el **impacto ambiental originado por el hombre** en razón de las obras o actividades que pretenda realizar, como "***cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o benéfico, resultante total o parcialmente de los elementos de las actividades, obras o servicios que se pretendan desarrollar y que pueden interactuar con los elementos naturales***".

Atendiendo la definición de la **LGEEPA**, el impacto ambiental resulta por el desarrollo de las obras o actividades, **siempre y cuando éstas modifiquen las características de los elementos naturales** y por lo tanto, algunos de los **elementos de las actividades** que se realizan durante la preparación del sitio; construcción; operación y mantenimiento y, desmantelamiento y abandono de las instalaciones, **pueden** ser las precursoras de **los agentes de cambio** por cuyo desarrollo se presentará el impacto (ej. eliminación de vegetación, remoción o compactación del suelo, emisiones permisibles al ambiente, liberaciones accidentales de químicos, etc.); entonces, **ésas partes de las obras y actividades que pueden interactuar con los elementos naturales**, constituyen los **aspectos ambientales** (IMNC, 2005) y las **modificaciones de las características** de los elementos naturales **que genera el desarrollo del aspecto ambiental o agente de cambio**, constituyen el **impacto ambiental** siendo los receptores del cambio los propios elementos naturales y la medición en la magnitud del cambio hacia el elemento natural se convierte en un **indicador del impacto**.

Domingo Gómez Orea (Gómez Orea, 2002), expone: "*La identificación de impactos ambientales se desarrolla en la metodología según dos líneas paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de las* ***acciones*** *de éste susceptibles de producir impactos significativos y otra que analiza el entorno para identificar los*

factores *del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones; ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa efecto entre las acciones y los factores, utilizando para ello técnicas adecuadas*".

Bajo ésos concepto, las acciones del proyecto **fueron explicadas de acuerdo a las fases que lo conforman**, mientras que las **características y estado de los elementos ambientales se describieron teniendo como resumen el inventario ambiental**, entonces la confluencia para el desarrollo de *una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa efecto entre las acciones y los factores*, puede explicarse con el diagrama que se presenta en la figura siguiente donde se ilustran los pasos para el proceso para la identificación de los impactos ambientales y un ejemplo sencillo en tabla V.1:

Como se observa en la figura V.1 y la tabla V.1, la actividad por sí misma **no constituye un agente de cambio**, sin embargo, **parte de la actividad si mantiene potencial para cambiar las características naturales del elemento** y, *de presentarse el cambio*, se desarrolla el impacto. El elemento natural receptor del cambio, posee características específicas previas al desarrollo del impacto **y la forma de medir la modificación de las características, es entonces el indicador del impacto**. La búsqueda de las interacciones que se presentarán o pueden presentarse por parte de las acciones del proyecto y los elementos del medio natural, se realizó a través de la relación causa efecto (Gómez Orea, 2002), método congruente con la **Norma Mexicana NMX-SAA-14004-IMNC-2004**.

Figura V. 1. Proceso de identificación del impacto ambiental

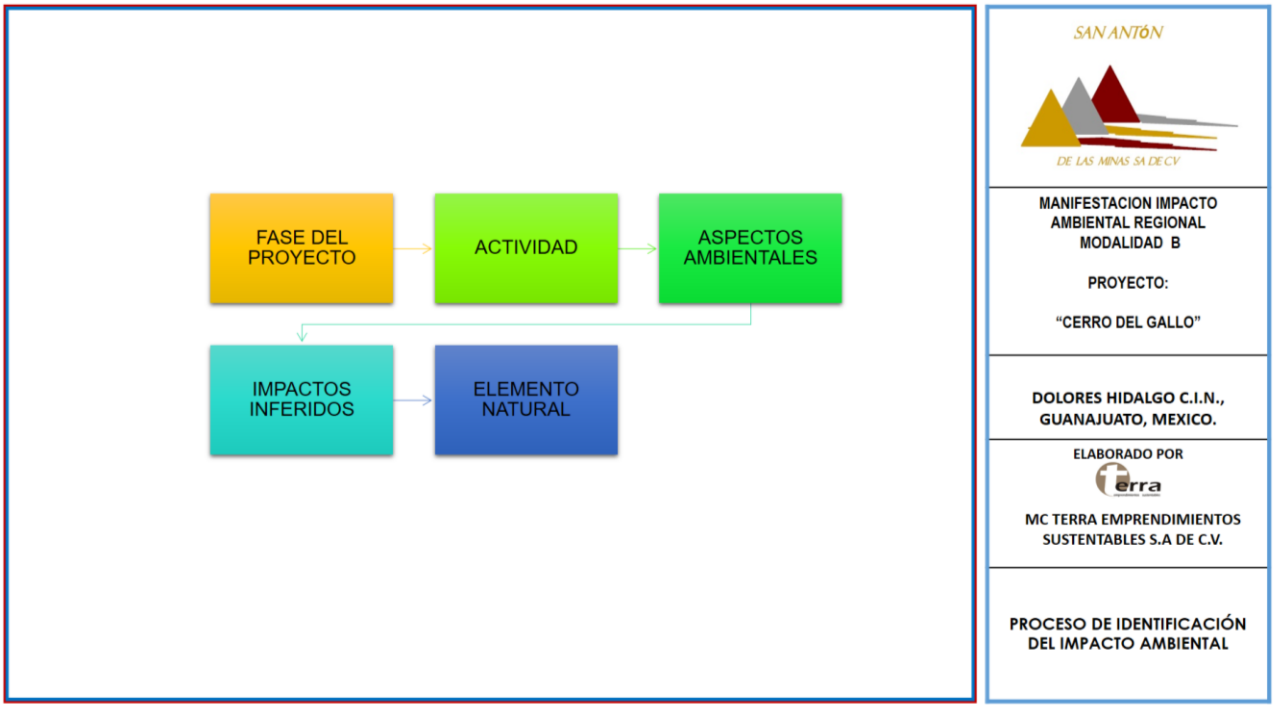


Tabla V. 1. Ejemplo del proceso de identificación de impactos ambientales

FASE	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL (PARTE DE LA ACTIVIDAD)	IMPACTO AMBIENTAL (CAMBIO EN EL ELEMENTO NATURAL)	ELEMENTO
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por las actividades del proyecto.	Contaminación del aire por partículas provenientes de las actividades de remoción, compactación, acarreo, proceso y/o manejo de suelo y roca.	Atmósfera

Bajo ese esquema para lograr la identificación de los impactos ambientales mediante la búsqueda de interacciones por actividades del proyecto o parte de ellas (aspectos ambientales), se llevó a cabo precisamente mediante el análisis de la relación causa efecto y para el fin, se desarrollaron los pasos siguientes:

1. Se definió y comprendió el alcance **de las obras y actividades que conformarán el proyecto**; considerando la superficie; el tiempo; modo de ejecución; los parámetros y condiciones de operación, etc.;

2. Se identificaron los **aspectos ambientales**, considerando los elementos de las actividades, obras o servicios del proyecto pretendido, que por su realización

pueden interactuar con los elementos naturales y con **cuales** (*elementos naturales*) es posible la interacción.

3. Se identificaron los **impactos ambientales** atendiendo la definición "*cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o benéfico, resultante total o parcialmente de los elementos de las actividades, obras o servicios que se pretendan desarrollar y que pueden interactuar con los elementos naturales*".

4. Se realizó la descripción de los impactos, buscando que el enunciado exprese claramente el cambio, que, **por su desarrollo**, se presentará en uno o varios elementos del **Sistema Ambiental Regional**.

5. Se determinó la expresión para representar el cambio en el elemento del sistema afectado, es decir **los indicadores de impacto ambiental** asociados. En este momento **no se consideraron las características de los elementos del sistema ambiental** y los indicadores de impacto se señalan, **a fin de utilizarlos en el proceso de evaluación**, debido a que las características, tienen que ver con la magnitud del impacto que se establece mediante el indicador.

A través del proceso descrito y con la ayuda de diagramas de flujo y matrices relacionales, se realizó **la identificación de los impactos ambientales** que se pueden generar por el desarrollo del proyecto, partiendo del entendimiento de las actividades y obras que conforman el proyecto y **las interacciones con el medio** por su realización, en virtud de las emisiones, el aprovechamiento o integración de los recursos naturales, el manejo de materiales y residuos peligrosos, etc. En los apartados siguientes se presentan resúmenes de cada uno de los pasos citados.

5.1.1.1. Obras y actividades del proyecto

En esta fase, se analizaron los procesos propuestos para las etapas del proyecto y las obras requeridas para el desarrollo de las mismos; la información **ya se encuentra**

claramente descrita en el Capítulo II de la MIA-R, sin embargo fue necesario su análisis y síntesis a fin de, *posteriormente*, dividir las actividades que generen **la modificación de las características en los elementos del ambiente**, es decir *que tengan como consecuencia cualquier cambio en el medio, ya sea adverso o benéfico, resultante total o parcialmente de los aspectos ambientales* del proyecto. La división sirve para realizar una identificación lógica de las citadas actividades en las fases de preparación del sitio y construcción, independientemente si ésta se planea por etapas (ej. tajo, tepetatera y plataforma de lixiviación). Para las etapas de operación, mantenimiento, eliminación de toxicidad, cierre y monitoreo posterior al cierre, se analizó el **diagrama de flujo del proyecto** propuesto y éstos se presentan en la síntesis que se realiza para el conocimiento de las operaciones unitarias en las **etapas de operación y mantenimiento**; la relación entre el tipo de obras, los materiales requeridos y las condiciones y parámetros de operación que a su vez establecen el escenario previo al cierre y los sitios de los que deben eliminarse o neutralizarse materiales residuales del proceso con potencial tóxico (metales), reactivos (cianuros en sistema de lixiviación y sulfuros en residuos mineros) y corrosivos (ácidos en la planta **SART**).

Tabla V. 2. Sperficie requerida por obras y actividades del proyecto

objetivo	Uso o destino	Vs arbustiva de pastizal natural Ha	Vs arbustiva de bosque de encino Ha	Pastizal inducido Ha	Agricultura de temporal anual Ha	Totales Ha
Explotación	Tajo	2.12	15.83	34.2	0	52.15
	Camino de acarreo	0.11	0.22	3.8	0	4.13
	Tepetatera	32.44	5.34	39.76	7.38	84.92
	Polvorines	0.21	0	1.47	0	1.68
	Depósito de suelo	1.33	0	1.6	0	2.94
	Depósito de mineral	4.13	0.24	3.16	0	7.53
Beneficio	Patios y piletas	35.46	26.85	68.06	0	130.37
	Área industrial	7.15	5.19	10.47	0	22.81
Infraestructura de apoyo	Caminos acceso	2.11	0	0.37	0	2.47
	Área para contratistas	1.11	0	4.45	0	5.56
	Área de maniobras	23.27	4.91	38.12	3.91	70.2
	Vivero	0	0	0.5	0	0.5
Total, área del proyecto por uso del suelo y vegetación		109.44	58.58	205.96	11.29	385.26

5.1.1.2. Aspectos ambientales asociadas a las actividades

Se entiende por *acción*, a **la parte activa que interviene en la relación causa-efecto** que define un impacto ambiental. Tales causas pueden residir en todas las fases del

desarrollo del proyecto y en todas las partes y elementos que lo forman (Gómez Orea, 2002), por su parte la Norma Mexicana **NMX-SAA-14004-IMNC-2004**, define a las acciones como **aspectos ambientales** a los "elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que **puede interactuar con el medio ambiente**" (IMNC, 2005).

Las Normas y los autores son consistentes en el hecho de que, *para identificar y comprender sus aspectos ambientales*, se deben recopilar datos cuantitativos y/o cualitativos sobre las características de las actividades, información **sobre relaciones de causa-efecto** entre los elementos de las actividades y cambios reales o posibles en el medio ambiente y considerar los **identificados en las regulaciones ambientales**. En ese tenor, con el conocimiento de las actividades por etapa del proyecto para construir y operar las obras que lo conformarán y el apoyo de las Especificaciones de Protección Ambiental contenidas en las Normas Oficiales Mexicanas **NOM-155-SEMARNAT-2007**, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata y **NOM-157-SEMARNAT-2009**, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, se identificaron los elementos de las actividades propuestas para el proyecto, cuyas acciones ***pueden interactuar con el ambiente***, es decir los **aspectos ambientales**. Dada la complejidad del proyecto y su carácter de sistema, se tomó en cuenta el consejo de "*desagregar el proyecto en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales representará acciones simples causa directa de impacto*" (Gómez Orea, 2002), utilizando los tres niveles siguientes:

- **Primer nivel**: Etapas, se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto: preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre.

- **Segundo nivel**: Los elementos de las actividades, que pueden identificar partes homogéneas del proyecto, y que se encuentran descritas en el apartado "**V.2.2.a Obras y actividades propuestas**"

- **Tercer nivel**: Acciones concretas o aspectos ambientales, se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada de impacto.

En el cuadro siguiente**, se presentan las relaciones entre las actividades propuestas y los aspectos ambientales**; así mismo se observa la etapa del proyecto en que se presentarán los aspectos, es decir se observa la disgregación del proyecto en los niveles señalados, siendo el último los aspectos ambientales

Tabla V. 3. Etapa del proyecto, actividades y aspectos ambientales

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Acomodo de mineral en camas						
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.			1			**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)			1			**1**
Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso						
Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de los compuestos químicos requeridos para preparar las soluciones del proceso y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.				1		**1**
Carga, acarreo del mineral y tepetate						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	1					**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.	1					**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	1					**1**
Conformación de la tepetatera						
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.			1			**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad			1			**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)			2			**2**
Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra			2			**2**
Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo			1			**1**
Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera; y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra			1			**1**
Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el depósito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes			3			**3**
Por un manejo inadecuado de los residuos del minado (pendiente de pisos de la tepetatera; relación finos/gruesos; pendiente en banquetas, etc.), generación de efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes en el tepetate			1			**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto			1			**1**
Construcción de accesos						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad	1					**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm	1					**1**

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento	1					**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	1					**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	1					**1**
Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros	1					**1**
Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor	1					**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto	1					**1**
Construcción de edificios y obras auxiliares						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm		1				**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**
Construcción de la base de la tepetatera						
Cambios geomorfológicos que resulten en deslizamientos de taludes y/o asentamientos que puedan dañar infraestructura para operación u obstruir drenajes naturales y/o aquellos artificiales construidos para protección de las obras		1				**1**
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm		1				**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)		2				**2**
Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua		1				**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto		1				**1**
Construcción de la Planta de Recuperación						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.		1				**11**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**
Construcción de la planta de trituración						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión 1de materiales de tamaños menores a 8 mm.		1				**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**
Construcción del sistema de lixiviación (patiocorredor de tuberías y piletas de lxiviación)						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.		1				**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua		1				**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto		1				**1**
Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.		1				1
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.		1				1
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				1
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				1
Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua.		1				1
Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor		2				2
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto		1				1
Construcción de pozos						
Contacto del agua subterránea con arcillas y lubricantes biodegradables durante perforaciones para alcanzar el nivel freático del acuífero		1				**1**
Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar		1				**1**
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad		1				**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad		1				**1**
Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor		2				**2**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto		1				**1**
Descapote del tajo (manejo de explosivos)						
Cambios geomorfológicos que resulten en deslizamientos de taludes y/o asentamientos que puedan dañar la maquinaria e infraestructura temporal para construcción u obstruir drenajes naturales y/o aquellos artificiales, construidos para protección de las obras.		1				**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.		1				**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento		1				**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)		2				**2**
Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua		1				**1**
Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976		1				**1**
Desmantelamiento y retiro de equipo						
Disminución de riesgos por derrames de combustibles, lubricantes y sus residuos					1	**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad					1	**1**
Desmonte						
Eliminación de individuos de especies de flora de lento crecimiento o con algún grado de protección normativa	1					**1**
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad	1					**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	1					**1**
Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor	1					**1**
Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 272.09 ha, de las cuales el 84% son pastizales inducidos; el 14% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 2% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino; así como la ocupación de 1.31 ha dedicadas a agricultura de temporal con el objeto de limpiar las áreas para el desplante	3					**3**
Despalme, acarreo y apilamiento del suelo						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad	1					**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.	1					**1**

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento	1					**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	1					**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	2					**2**
Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros	1					**1**
Por el retiro del suelo y acciones deficientes para ahuyentar o rescatar las especies de vida silvestre (fauna terrestre), deterioro del hábitat para poblaciones de lento desplazamiento o aquellas que comparten el espacio con el hombre	1					**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto	1					**1**
Estabilización física del terreno						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad					1	**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm					1	**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad					1	**1**
Por la modificación de taludes y colocación de rocas de gran tamaño, se mejora el hábitat para la fauna terrestre (pequeños mamíferos y reptiles)					1	**1**
Por la modificación de taludes, se mejora la dinámica hidráulica del sitio y la infiltración del agua de lluvia					1	**1**
Por la modificación de taludes, se mejora la dinámica hidráulica del sitio.					1	**1**
Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas					1	**1**
Excavación, nivelación y compactación						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad	1					**1**
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.	1					**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento	1					**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	1					**1**
Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros	1					**1**
Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua	1					**1**
Lixiviación del mineral en la plataforma o patio e lixiviación						
Caída del mineral en lixiviación fuera de la zona impermeable por la deficiente formación de la pila y/o excesos de solución de riesgo que eleven el tirante hidráulico				1		**1**
Fugas de soluciones de la plataforma debido a rupturas de la geomembrana por un pobre contacto con el suelo de baja permeabilidad				2		**2**
Por un deficiente aseguramiento y control de la calidad de materiales y la construcción fugas de soluciones de la plataforma debido a rupturas de la geomembrana por un pobre contacto con el suelo de baja permeabilidad				1		**1**
Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo				1		**1**
Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos						
Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	1	1		1		**3**
Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural	1	1		1		**3**
Por un incorrecto mantenimiento y verificación, fugas de lubricantes, combustibles o sus residuos durante tiempos prolongados, por fisuras en tanques y concretos; en válvulas y tuberías.				1		**1**
Manejo de residuos y efluentes residuales						
Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	1	1		1		**3**
Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte	1	1		1		**3**
Manejo de soluciones de proceso						
Contacto de individuos de fauna (aves y pequeños mamíferos) con soluciones del proceso				1		**1**
Fugas de la tubería, originado por un control y aseguramiento de la calidad deficiente en los materiales y/o la construcción de las bermas				1		**1**
Fugas de los componentes del patio, originado por un control y aseguramiento de la calidad de los materiales y/o la construcción de las cimentaciones, el recubrimiento compuesto y/o la geomembrana				1		**1**
Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas				1		**1**
Minado del tajo						

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.			1			**1**
Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento			1			**1**
Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)			2			**2**
Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976)			1			**1**
Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño del tajo y la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo			2			**2**
Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo			1			**1**
Por una deficiente operación en el manejo de agua en el tajo (decantación y bombeo), contacto prolongado del agua subterránea aflorante, con el material disperso en los pisos del tajo			1			**1**
Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate			2			**2**
Por una pendiente superior a la recomendada en los diseños de ingeniería, falla en los taludes de las estructuras principales (tajo, tepetatera y plataforma de lixiviación) que obstaculicen la operación y/o liberen sustancias peligrosas			1			**1**
Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto			1			**1**
Monitoreo posterior al abandono						
Por un inadecuado ángulo de talud que asegure la estabilidad a largo plazo, falla en las estructuras residuales (depresión del tajo, montículo de la tepetatera y montículo del patio)					1	**1**
Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos durante la construcción-operación y operación, una vez restaurado el sitio, descomposición de sulfuros y generación de efluentes ácidos en el mineral y tepetate					1	**1**
Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate					2	**2**
Neutralización química						
Al concluir el bombeo y estabilizar químicamente el efluente eliminación en consumo de agua subterránea y energía eléctrica para fines industriales					1	**1**
Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.					3	**3**
Operación de la infraestructura hidráulica (pozos)						
Presión adicional al acuífero "acuífero Cuenda alta del río Laja" que actualmente mantiene un déficit de 59.3 Mm3 anuales				1		**1**
Operación de la planta de recuperación						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas				1		**1**
Fallo de estructuras sensibles de la planta de recuperación (precipitadores, espesadores, columnas de carbón, columna de elusión), originado por un CQA deficiente de los materiales y/o la construcción de las cimentaciones, colocación de concreto y/o cálculo de volúmenes a contener				1		**1**
Por prácticas operativas no deseadas, dosificaciones incorrectas de reactivos (agente de lixiviación, para sulfidización o espesamiento), que resultan en el cambio de fase (líquido-gas), generando emisiones a la atmósfera				1		**1**
Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, deterioro en la plancha de concreto resultando en fisuras que canalicen al subsuelo derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas				1		**1**
Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas				1		**1**
Operación de la planta de trituración y aglomeración						
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.				1		**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad				1		**1**
Operación del área de generación						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas				1		**1**
Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad				1		**1**
Recuperación de valores residuales						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas				1		**1**
Restauración durante la operación						
Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad				1		**1**

Cuenta de aspecto ambiental	PS	C	C-O	O-M	C-A	Total
Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras; obtención y manejo de materiales y residuos para el proceso y sus residuos; y, la operación de equipos de producción, por dispersión de materiales de tamaños menores a 8 mm.				1		**1**
Por la rectificación de taludes, se disminuye la velocidad del escurrimiento y mejora la infiltración de lluvia				1		**1**
Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas				1		**1**
Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental				1		**1**
Restauración forestal y de suelos						
Manejo de pendientes en las estructuras residuales, reintegración del suelo fértil y reconfiguración del patrón de drenaje					2	**2**
Por la creación de áreas con cobertura vegetal, la velocidad del agua disminuye y mayor cantidad se infiltra en el sitio					1	**1**
Por la disminución de velocidades, reconfiguración de cauces y baja en pst arrastradas.					1	**1**
Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental					2	**2**
Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación, resultando en la disminución de la erosión					1	**1**
Reducción de la superficie con materiales técnicos disgregados expuesta al viento					1	**1**
Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio						
Disminución de riesgos por derrames, por el retiro de los químicos principales utilizados en el proceso (NaCN, SO4, etc.)					2	**2**

Como se observa en el cuadro anterior, las actividades descritas en el apartado correspondiente, mantienen particularidades por las cuales pueden convertirse en agentes de cambio de las condiciones actuales de los elementos naturales. Dentro de las actividades que se observan en el cuadro, en su mayoría inevitablemente serán precursoras de cambios, un ejemplo es el desmonte, ya que es necesario para construir la infraestructura y al realizarse, modificará negativamente el entorno de la vida silvestre del lugar; sin embargo algunas actividades o partes de las mismas no forzosamente constituirán un agente de cambio aunque mantienen el potencial para generar condiciones alteren de manera negativa o positiva el estado actual de los elementos naturales, tal es el caso del agua subterránea, considerando que el proyecto se localiza en un acuífero sobreexplotado, se supondría que la operación de la Unidad Minera, ejercería una mayor presión sobre el recurso, no obstante, al adquirir la promovente derechos de agua de usuarios registrados dentro del acuífero, la tasa de aprovechamiento no se altera y como consecuencia el cambio no se desarrollará.

Un segundo asunto de valor que nos otorga el análisis realizado, se refiere a una primera aproximación entre la cantidad de interacciones que se desarrollarán en la relación:

Actividad → Aspecto ambiental

Y que seguramente dará origen a cambios en el estado de los elementos del sistema ambiental.

Este tipo de análisis dieron la pauta para llevar a cabo el siguiente paso en el proceso, es decir, la identificación de los impactos ambientales.

5.1.1.3. Aspectos del medio socioeconómico considerados

Para evaluar el comportamiento por la integración del proyecto en el medio socioeconómico, se consideró el análisis realizado en el Capítulo IV con las consideraciones siguientes:

- El municipio de Dolores Hidalgo C.I.N., está clasificado con un grado de marginación MEDIO y el ingreso familiar no supera a 2 salarios mínimos (Guanajuato, Gobierno del Estado, 2014)

- Analizando las localidades que posiblemente serán proveedoras de mano de obra a la mina **"Cerro del Gallo"**, en general se tiene un índice de marginación para las localidades de San Antón, San Isidro, Jaralillo, etc., es igualmente medio.

- El nivel de Pobreza de acuerdo al CONEVAL, por el Censo de Población y Vivienda 2010 realizado por INEGI; la población en situación de pobreza es del 64.5%, la población en situación de pobreza moderada es del 53.9% y la población que se encuentra en pobreza extrema es del 10.5%, mientras que la población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo es del 28.4% y para el 67.5%, su ingreso es inferior a la línea de bienestar; además de que el grado de marginación municipal es MEDIO.

- La mayoría de los habitantes del municipio, viven en condiciones críticas de sobrevivencia o dependen de remesas enviadas por familiares que se encuentran en otro estado o fuera del país. Lo anterior se debe a la falta de infraestructura

generadora de empleos y la insuficiencia de apoyos para el desarrollo de las comunidades.

Por lo anterior, los aspectos a evaluar serán:

- Empleo que a su vez repercutirá de manera positiva en cuanto al ingreso de las familias, y negativamente en lo relacionado con la demanda de servicios; e,

- Impuestos que deben pagarse a la Federación, Estado y Municipio, enfatizando éste último ya que paleará el esfuerzo requerido para atender la demanda de servicios. No debe obviarse que las operaciones de beneficio de minerales metálicos donde se encuentran involucrados el oro y plata, pagan un impuesto especial que redunda en un ingreso adicional al municipio (50% directo).

5.1.1.4. Identificación y descripción de los impactos ambientales

Los impactos ambientales se identificaron a través de la relación causa-efecto entre las actividades o sus partes, que tienen capacidad para interactuar con uno o más de los elementos naturales presentes en el ecosistema, donde se pretende desarrollar el proyecto.

Para los proyectos mineros, estas relaciones han sido estudiadas exhaustivamente por la comunidad científica internacional. México no ha sido la excepción y las Normas Oficiales Mexicanas emitidas para regular operaciones mineras, en particular: los impactos negativos relevantes por la operación de presas de jales; sistemas de lixiviación de oro y plata y sistemas de lixiviación de cobre, además de la Norma para elaborar los Planes de Manejo de Residuos Mineros dan constancia de ello.

La alusión anterior se realiza, en razón de que para el caso del sistema de lixiviación de minerales de oro y plata propuesto, la NOM-155-SEMARNAT-2007, que establece los

requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, regula totalmente los impactos ambientales relevantes derivados de la peligrosidad del mineral lixiviado o gastado; la magnitud de riesgos físicos y criterios de proyecto del patio, además de establecer las Especificaciones de Protección Ambiental para prevenir o mitigar los impactos ambientales relevantes durante la preparación del sitio y construcción-operación, adicionalmente establece en las especificaciones, los criterios de diseño de las obras, eliminación de toxicidad, cierre del patio y monitoreo. Por su parte la NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, es clara en cuanto al manejo que debe darse al tepetate que se generará por la explotación del tajo y en la especificación "5.6 Criterios para el almacenamiento y disposición final de residuos", ordena las medidas a realizar para evitar impactos ambientales relevantes.

En ese contexto, la relación causa-efecto entre las actividades del proyecto y los elementos del sistema ambiental, se apoyó en ambas Normas Oficiales Mexicanas, adicionalmente consideró, las relaciones lógicas entre las características de los materiales a utilizar, las emisiones esperadas y el aprovechamiento de recursos naturales inherentes a las actividades con el efecto que pueden tener en el medio natural.

Sin embargo, en éste momento, no es posible inferir, calcular o cuantificar el daño o beneficio, que la relación causa-efecto puede ejercer sobre los elementos del sistema ambiental presentes en el sitio del proyecto, menos aún en el Sistema Ambiental Regional, ya que para ello es necesario avaluar los impactos, considerando los calificadores que en sí le otorgan la importancia y esos calificadores solo pueden aplicarse conociendo las características y estado de conservación del SAR, pues la acumulación y sinergia, pueden depender de manera importante de los efectos negativos que actualmente se desarrollan en el sitio del proyecto e inciden en el SAR.

En el cuadro siguiente se presentan: las actividades precursoras, los aspectos ambientales, los impactos ambientales y los elementos naturales, considerando los

cambios genéricos que pueden desarrollarse en el ambiente por la presencia del aspecto ambiental.

Tabla V. 4. Relación causa-efecto entre actividades y elementos naturales

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 227.05 ha, de las cuales el 38.27% son pastizales inducidos; 44.17% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 17.56% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Vegetación y flora	En el **SAR**, por la eliminación de vegetación natural e inducida en el sitio del proyecto, modificación de las relaciones dinámicas entre los elementos abióticos , animales y microorganismos, resultando en la disminución de espacios que brinden servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, incluyendo la pérdida de hábitat la especies adaptadas a zonas con disturbios.
Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 227.05 ha, de las cuales el 38.27% son pastizales inducidos; 44.17% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 17.56% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Fauna	Disminución de la cobertura vegetal, que resulta en la reducción de alimentos disponibles y cobertura necesaria para la reproducción de las especies de mamíferos, generando la pérdida parcial de la conectividad en los procesos biológicos, modificando el intercambio y migración de las especies de fauna silvestre.
Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 227.05 ha, de las cuales el 38.27% son pastizales inducidos; 44.17% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 17.56% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Fauna	Destrucción de nidos (avifauna) y madrigueras (mamíferos y reptiles), que resulta en la pérdida de crías y desplazamiento de individuos de fauna terrestre.
Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 227.05 ha, de las cuales el 38.27% son pastizales inducidos; 44.17% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 17.56% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Suelo	Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el **SAR** y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos.
Preparación del sitio	Desmonte	Eliminación de individuos de especies de flora de lento crecimiento o con algún grado de protección normativa.	Vegetación y flora	En el **SAR**, disminución de poblaciones conformadas por individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales.
Preparación del sitio	Desmonte	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vegetación y flora	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros.	Suelo	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ.
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Preparación del sitio	Construcción de accesos	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vegetación y flora	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Geomorfología	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros.	Suelo	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ.
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Por el retiro del suelo y acciones deficientes para ahuyentar o rescatar las especies de vida silvestre (fauna terrestre), deterioro del hábitat para poblaciones de lento desplazamiento o aquellas que comparten el espacio con el hombre.	Fauna	Destrucción de madrigueras y pérdida de individuos de lento desplazamiento, entre otros reptiles protegidos por las normas o tratados.
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Agua Superficial	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.
Preparación del sitio	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros.	Suelo	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ.
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Preparación del sitio	Excavación, nivelación y compactación	Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua.	Agua Subterránea	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero.
Preparación del sitio	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Suelo	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.
Preparación del sitio	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	Agua Superficial	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos.
Preparación del sitio	Manejo de residuos y efluentes residuales.	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Suelo	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Preparación del sitio	Manejo de residuos y efluentes residuales.	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte.	Agua Superficial	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxigeno disponible.
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Construcción	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vegetación y flora	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales
Construcción	Construcción de pozos	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Construcción	Construcción de pozos	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción	Construcción de pozos	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Suelo	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.
Construcción	Construcción de pozos	Contacto del agua subterránea con arcillas y lubricantes biodegradables durante perforaciones para alcanzar el nivel freático del acuífero.	Agua Subterránea	Contaminación del agua subterránea con sólidos (arcillas) y grasas, por una incorrecta perforación de los pozos para abastecimiento del agua y monitoreo.
Construcción	Construcción de pozos	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Construcción	Construcción de pozos	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vegetación y flora	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Construcción	Construcción de edificios y obras auxiliares	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Construcción	Construcción de edificios y obras auxiliares	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Construcción	Construcción de edificios y obras auxiliares	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción	Construcción de edificios y obras auxiliares	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) y rocas, (gruesos) por actividades inherentes a la fragmentación de la roca mediante voladura y trituración del mineral.	Aire	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Geomorfología	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976).	Ruido	Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en la deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Cambios geomorfológicos que resulten en deslizamientos de taludes y/o asentamientos que puedan dañar la maquinaria e infraestructura temporal para construcción u obstruir drenajes naturales y/o aquellos artificiales, construidos para protección de las obras.	Geomorfología	Por fallas en taludes o asentamientos del terreno; caidas de materiales geológicos que eviten la continuidad de las actividades y dañen infraestructura requerida para prevención de impactos ambientales negativos.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate).	Agua Superficial	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.
Construcción	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua.	Agua Subterránea	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Geomorfología	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Agua Superficial	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Cambios geomorfológicos que resulten en deslizamientos de taludes y/o asentamientos que puedan dañar infraestructura para operación u obstruir drenajes naturales y/o aquellos artificiales construidos para protección de las obras.	Geomorfología	Por fallas en taludes o asentamientos del terreno; caidas de materiales geológicos que eviten la continuidad de las actividades y dañen infraestructura requerida para prevención de impactos ambientales negativos.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Agua Superficial	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua.	Agua Subterránea	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Construcción	Construcción de la base de la tepetatera	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción	Construcción de la planta de trituración	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero
Construcción - Operación	Minado del tajo	Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño del tajo y la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Suelo	Incremento en la pérdida de suelo, erosión y contaminación del mismo por cambio en la geoforma que resulta por el desplazamiento/deslizamiento de las áreas en la superficie circundantes a las paredes.
Construcción - Operación	Minado del tajo	Por estabilidad en el diseño propuesto para el tajo, ante la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Agua Subterránea	Por fallas catastróficas en la mina, el agua meteórica y oxígeno, aceleran la descomposición de sulfuros, resultando en la infiltración al acuífero de agua ácida que a su vez lixivia metales y metaloides.
Construcción - Operación	Minado del tajo	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Agua Superficial	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por una pendiente superior a la recomendada en los diseños de ingeniería, falla en los taludes de las estructuras contiguas (tepetatera y plataforma de lixiviación) que obstaculicen la operación y/o liberen sustancias peligrosas.	Agua Subterránea	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración soluciones del proceso.
Construcción - Operación	Carga, acarreo del mineral y tepetate	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Construcción - Operación	Carga, acarreo del mineral y tepetate	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de residuos mineros (tepetate) y materia prima del proceso (mineral).	Aire	Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Construcción - Operación	Carga, acarreo del mineral y tepetate	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de residuos mineros (tepetate) y materia prima del proceso (mineral).	Aire	Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Geomorfología	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo,	Agua Superficial	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
		acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)		
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Geomorfología	Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o prácticas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna).
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra.	Suelo	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el depósito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes.	Suelo	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el depósito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes.	Agua Subterránea	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y/o prácticas operativas incorrectas, descomposición de sulfuros en el tepetate que resultan en la infiltración y contaminación química del agua subterránea, (agua ácida que lixivie metales y metaloides.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera; y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra.	Agua Subterránea	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura incorrecto, liberación de soluciones del proceso, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Agua Superficial	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Por un manejo inadecuado de los residuos del minado (pendiente de pisos de la tepetatera; relación finos/gruesos; pendiente en banquetas, etc.), generación de efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes en el tepetate.	Agua Subterránea	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie.
Construcción - Operación	Conformación de la tepetatera	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vegetación y flora	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas.
Construcción - Operación	Acomodo de mineral en camas	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de residuos mineros (tepetate) y materia prima del proceso (mineral).	Aire	Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.
Construcción - Operación	Acomodo de mineral en camas	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Geomorfología	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)
Operación y mantenimiento	Operación de la infraestructura hidráulica (pozos).	Presión adicional al acuífero "acuífero Cuenda alta del río Laja" que actualmente mantiene un déficit de 59.3 Mm3 anuales.	Agua Subterránea	En el SAR, presión adicional al acuífero, resultando en el incremento del déficit; en el sitio, contaminación del agua subterránea debido al decremento en el nivel freático por la extracción para el proyecto, resultando en el incremento de sales disueltas y el deterioro de la calidad requerida en otros pozos
Operación y mantenimiento	Operación del área de generación	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO_2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Operación y mantenimiento	Operación del área de generación	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) y rocas, (gruesos) por actividades inherentes a la fragmentación de la roca mediante voladura y trituración del mineral.	Aire	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Operación y mantenimiento	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de los compuestos químicos requeridos para preparar las soluciones del proceso y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Suelo	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.
Operación y mantenimiento	Lixiviación del mineral en la plataforma	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Geomorfología	Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o prácticas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna).
Operación y mantenimiento	Manejo de soluciones de proceso	Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas	Suelo	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a una operación deficiente
Operación y mantenimiento	Manejo de soluciones de proceso	Contacto de individuos de fauna (aves y pequeños mamíferos) con soluciones del proceso.	Fauna	Pérdida de individuos de avifauna, pequeños mamíferos y reptiles, por el contacto o ingestión con las soluciones de proceso contenidas en las piletas.
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de recuperación	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de recuperación	Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas	Suelo	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a una operación deficiente
Operación y mantenimiento	Operación de la planta de recuperación	Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, deterioro en la plancha de concreto resultando en fisuras que canalicen al subsuelo derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas.	Agua Subterránea	Por una operación incorrecta y mala prácticas en la construcción, filtraciones de soluciones del proceso al subsuelo, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales.
Operación y mantenimiento	Restauración durante la operación	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Operación y mantenimiento	Restauración durante la operación	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Operación y mantenimiento	Restauración durante la operación	Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas.	Geomorfología	Por rectificación de taludes, eliminación de fuentes contaminantes al aire, suelo y agua.
Operación y mantenimiento	Restauración durante la operación	Por la rectificación de taludes, se disminuye la velocidad del escurrimiento y mejora la infiltración de lluvia.	Agua Subterránea	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero.
Operación y mantenimiento	Restauración durante la operación	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Vegetación y flora	Establecimiento de los medios para regresar los servicios ambientales que presta la vegetación, resultando en la estabilización paulatina del sistema ambiental.
Operación y mantenimiento	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Suelo	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.
Operación y mantenimiento	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	Agua Superficial	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos.
Operación y mantenimiento	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Por un incorrecto mantenimiento y verificación, fugas de lubricantes, combustibles o sus residuos durante tiempos prolongados, por fisuras en tanques y concretos; en válvulas y tuberías.	Agua Subterránea	Por una operación incorrecta contaminación química del agua subterránea por la infiltración de hidrocarburos.
Operación y mantenimiento	Manejo de residuos y efluentes residuales.	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Suelo	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.
Operación y mantenimiento	Manejo de residuos y efluentes residuales.	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte.	Agua Superficial	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxígeno disponible.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Recuperación de valores residuales	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Neutralización química	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Suelo	Eliminación parcial de fuentes de contaminación química al suelo por metales, metaloides y total por sustancias químicas ajenas al sitio del proyecto.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Neutralización química	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Agua Superficial	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua (CN- y Metales).
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Neutralización química	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Agua Subterránea	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua subterránea por infiltraciones.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio.	Al concluir el bombeo y estabilizar químicamente el efluente eliminación en consumo de agua subterránea y energía eléctrica para fines industriales.	Agua Subterránea	Por la eliminación del consumo de agua para uso industrial, recuperación paulatina del nivel freático considerando el inicio de las operaciones.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio.	Disminución de riesgos por derrames, por el retiro de los químicos principales utilizados en el proceso (NaCN, SO4, etc.)	Suelo	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al suelo y neutralización de riesgos asociados al manejo de químicos (tóxicos) ajenos al sistema ambiental, que incidan en el suelo.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio.	Disminución de riesgos por derrames, por el retiro de los químicos principales utilizados en el proceso (NaCN, SO4, etc.)	Agua Superficial	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al agua y disminución del riesgo de accidentes asociados al manejo de químicos tóxicos y reactivos por el contacto con el elemento (cianuros).
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Aire	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Aire	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas.	Geomorfología	Por rectificación de taludes, eliminación de fuentes contaminantes al aire, suelo y agua.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Por la modificación de taludes, se mejora la dinámica hidráulica del sitio.	Agua Superficial	Disminución de contaminación del agua con partículas sólidas orgánicas e inorgánicas.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Por la modificación de taludes, se mejora la dinámica hidráulica del sitio y la infiltración del agua de lluvia.	Agua Subterránea	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Estabilización física del terreno	Por la modificación de taludes y colocación de rocas de gran tamaño, se mejora el hábitat para la fauna terrestre (pequeños mamíferos y reptiles)	Fauna	Generación de condiciones adecuadas para la reproducción de la fauna terrestre, resultando en el regreso de los individuos de mamíferos y reptiles.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Desmantelamiento y retiro de equipo	Disminución de riesgos por derrames de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Suelo	Eliminación de fuentes de contaminación química al suelo (HC y sus residuos).
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Desmantelamiento y retiro de equipo	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ruido	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Manejo de pendientes en las estructuras residuales, reintegración del suelo fértil y reconfiguración del patrón de drenaje	Geomorfología	Por la baja en la velocidad de escurrimiento, disminución de erosión y mejora en calidad del agua superficial.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Manejo de pendientes en las estructuras residuales, reintegración del suelo fértil y reconfiguración del patrón de drenaje	Suelo	Disminución del potencial de erosión por la reconfiguración del drenaje y aplicación de cobertura del suelo
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Reducción de la superficie con materiales técnicos disgregados expuesta al viento	Aire	Debido a la disminución de superficie expuesta al viento, diminución de emisiones de partículas, resultando en el mejoramiento de la calidad del aire.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Por la creación de áreas con cobertura vegetal, la velocidad del agua disminuye y mayor cantidad se infiltra en el sitio	Agua Subterránea	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Por la disminución de velocidades, reconfiguración de cauces y baja en pst arrastradas.	Agua Superficial	Disminución de contaminación del agua con partículas sólidas orgánicas e inorgánicas.

ETAPA	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Vegetación y flora	Establecimiento de los medios para regresar los servicios ambientales que presta la vegetación, resultando en la estabilización paulatina del sistema ambiental.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Fauna	Por el establecimiento de recursos vegetales, creación de espacios para alimentación y reproducción de la fauna terrestre, resultando en la recolonización del sitio.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Restauración forestal y de suelos	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación, resultando en la disminución de la erosión.	Suelo	Por presencia de vegetación (área foliar y sistemas radiculares), se estabiliza la erosión y se promueve un patrón de pérdida de suelo acorde al sistema ambiental original.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Suelo	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Agua Superficial	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos durante la construcción-operación y operación, una vez restaurado el sitio, descomposición de sulfuros y generación de efluentes ácidos en el mineral y tepetate.	Agua Subterránea	Un manejo incorrecto de residuos dispuestos en la tepetatera y plataforma; y la ausencia (durante la operación) de un plan detallado de cierre de mina, resulta en acciones de restauración equívocas que provocan la contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie.
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por un inadecuado ángulo de talud que asegure la estabilidad a largo plazo, falla en las estructuras residuales (depresión del tajo, montículo de la tepetatera y montículo del patio)	Suelo	Incremento de erosión y contaminación del suelo por cambio en la geoforma que resulta en el desplazamiento/deslizamiento de la superficie.

5.1.1.5. Indicadores de impacto

En el **Capítulo IV** se describen los elementos del medio natural, atendiendo a las recomendaciones contenidas en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. Considerando que los elementos del sistema ambiental descritos, serán o podrán ser modificados, en razón de las actividades que se desarrollarán para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre del proyecto, queda claro que las modificaciones que se desarrollen y afecten o dañen las características actuales y tendencias de deterioro identificadas, será el impacto ocurrido, que a su vez establece la diferencia en la evolución del propio elemento con o sin el proyecto; entonces **los indicadores de impacto** corresponden a las unidades de medida en que se pretende expresar la magnitud de las alteraciones sobre cada factor

(Gómez Orea, 2002) o la manera de identificar y proponer los efectos en un *elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio* (Ramos, 1987).

Para el caso del proyecto, los indicadores de impacto se definieron **a partir de las interacciones esperadas entre el proyecto y el medio natural** y consisten en expresiones que pretenden definir **la forma de conceptualizar el cambio** que ocurriría por el desarrollo del impacto. En el cuadro siguiente se presenta la lista de indicadores de impacto.

Tabla V. 5. Indicadores de Impacto

INDICADOR DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
Indicador: Calidad del aire	Contaminación del aire por gases y partículas provenientes se equipos de combustión interna.
	Contaminación del aire por partículas provenientes de las actividades de remoción, compactación, acarreo, proceso y/o manejo de suelo y roca.
	Contaminación del aire por gases y partículas provenientes de equipos de operación (reactores SART, hornos de fundición y regeneración y generadores de energía).
	Disminución de fuentes contaminantes con efectos sobre el aire ambiente, por la cobertura del suelo
Indicador: Incremento del ruido ambiental	Incremento del nivel de ruido en el ambiente, resultando en daños a la vida silvestre
Indicador: Cambios geomorfológicos	Durante los cortes en terreno, deslizamiento de taludes que afecten la maquinaria e infraestructura liberando contaminantes (aire y suelo).
	Aumento en el potencial de erosión debido a cambios en la geomorfología
	Por sismo, falla de taludes que dañen maquinaria e infraestructura liberando contaminantes.
	Formación de montículos y depresiones en el terreno, resultando en la alteración de las geoformas con repercusiones a la vida silvestre.
	Por pendientes pronunciadas, falla en los taludes resultando en daños a estructuras y equipos con eventos de contaminación (aire, agua y suelo)
	Por pendientes corregidas, disminución del riesgo de falla de los taludes, minimizando la posibilidad de liberación de contaminantes
	Disminución en el potencial de erosión debido a cambios en la geomorfología
Indicador: Calidad de los Suelos	Incremento en el potencial de erosión eólica y pluvial por pérdida de cobertura
	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro.
	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.
	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.
	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH>4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados generados en los depósitos de residuos.
	Por sismo, pérdida de estabilidad de las estructuras ocasionando la salida de químicos hacia áreas no impermeables, resultando en contaminación química del suelo.
	Un tirante hidráulico excesivo (>70 cm), provoca la inestabilidad de las pilas en lixiviación, ocasionando la salida de mineral y solución, resultando en la contaminación del suelo natural.
	Debido a una baja resistencia al corte de los materiales de cimentación de la plataforma, desestabilización de la pila, con la salida del área impermeable de mineral y solución, resultando en la contaminación del suelo.
	Por un ángulo de talud pronunciado en la pila, fallo en la estabilidad, con la salida del área impermeable de mineral y solución, resultando en la contaminación del suelo.
	Por una calidad deficiente de los materiales, ruptura de tuberías para transporte de soluciones, ocasionando derrames fuera del área impermeable.
	Eliminación de fuentes de contaminación química al suelo
	Disminución del potencial de erosión por la reintegración del drenaje y cobertura del suelo
Indicador: Calidad del agua superficial	Durante eventos de lluvia, contaminación del agua precipitada al contacto con el suelo y/o roca suelta, resultando en la turbidez del efluente.

INDICADOR DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
	Durante eventos de lluvia, contaminación química de agua superficial por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.
	Contaminación química del agua por efluentes ácidos (pH>4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados generados en los depósitos de residuos.
	Por sismo, pérdida de estabilidad de las estructuras ocasionando la salida de químicos hacia áreas no impermeables, resultando en contaminación química del agua.
	Durante lluvias, un tirante hidráulico excesivo (>70 cm), provoca la inestabilidad de las pilas en lixiviación, con la salida de solución, resultando en la contaminación del agua.
	Durante lluvias debido a una baja resistencia al corte de los materiales de cimentación de la plataforma, desestabilización de la pila, con la salida del área impermeable de solución, resultando en la contaminación del agua.
	Durante las lluvias y por una carga hidráulica excesiva, asentamientos diferenciales atípicos que resultan en la liberación de soluciones (por pateos de bermas) contaminando el agua.
	Durante lluvias, por un ángulo de talud pronunciado en la pila, fallo en la estabilidad, con la salida del área impermeable de solución, resultando en la contaminación del agua.
	Durante tormentas extraordinarias, fallo de la cimentación de la cortina de la pileta de emergencias, resultando en la liberación masiva de soluciones y contaminación del agua.
	Por una calidad deficiente de los materiales, ruptura de tuberías para transporte de soluciones, ocasionando derrames fuera del área impermeable con contaminación al agua
	Eliminación de fuentes de contaminación química al agua
	Disminución del potencial de erosión/contaminación del agua superficial, por la reintegración del drenaje y cobertura del suelo
Indicador: Calidad del agua subterránea	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración.
	Contaminación del agua subterránea por una incorrecta perforación de los pozos para abastecimiento y monitoreo.
	Contaminación química del agua subterránea debido a fugas permanentes en tanques de combustibles.
	Contaminación del agua subterránea con sólidos disgregados por el desprendimiento de rocas en las voladuras.
	Contaminación química del agua subterránea por infiltraciones ácidas (pH>4 PH) y por metales y metaloides lixiviados.
	Por sismo, pérdida de estabilidad de las estructuras ocasionando la salida de químicos hacia áreas no impermeables, resultando en contaminación química del agua subterránea
	Debido a una baja resistencia al corte de los materiales de cimentación de la plataforma, asentamientos diferenciales atípicos, resultando en la ruptura de geomembrana la contaminación del agua subterránea.
	Por una carga hidráulica excesiva, daños a la geomembrana con infiltración de soluciones, resultando en contaminación del agua subterránea.
	Por la inadecuada preparación de la capa de suelo de baja permeabilidad, ruptura de la geomembrana por un contacto deficiente resultando en contaminación de agua subterránea
	Por defectos de fábrica o un deficiente CQA durante la instalación, ruptura de geomembrana con infiltraciones de solución al agua subterránea.
	Por defectos de fábrica o un deficiente CQA durante la instalación, ruptura de geomembrana de las piletas con infiltraciones de solución al agua subterránea.
	Eliminación de fuentes de contaminación química al agua subterránea
	Restablecimiento de los patrones de infiltración, resultando en recarga efectiva del acuífero.
Indicador: Calidad del hábitat (vegetación y Flora)	Alteración de las relaciones dinámicas entre los elementos del ecosistema, resultando en la disminución de superficies capaces de generar servicios ambientales de soporte, regulación y suministro.
	Disminución de individuos de flora con algún grado de protección y/o con importancia ambiental por lento crecimiento o difícil regeneración.
	Incremento en el nivel de daño a especies de flora resultando en la disminución de individuos capaces de aportar germoplasma y regular los ciclos biogeoquímicos.
	Por incendio alteración parcial temporal de las relaciones entre los elementos del ecosistema, resultando en la disminución de superficies capaces de generar servicios ambientales de soporte, regulación y suministro.
	Como resultado del aumento del área con cobertura vegetal, incremento de superficies capaces de generar servicios ambientales de soporte, regulación y suministro.
	Control de poblaciones (diversidad de especies), por incremento de individuos de flora con algún grado de protección y/o con importancia ambiental por lento crecimiento o difícil regeneración.
	Restitución de condiciones ambientales, resultando en la presencia de especies asociadas a las usadas en reforestación, mejorando la producción de germoplasma y cobertura.
Indicador: Calidad del hábitat (fauna)	Pérdida de individuos de especies de fauna (aves, reptiles, pequeños mamíferos), por destrucción de nidos y madrigueras.
	Destrucción de corredores biológicos, resultando en el aislamiento parcial de poblaciones de pequeños mamíferos y reptiles
	Disminución de cobertura y alimento, resultando en estrés reproductivo en mamíferos y reptiles (baja en la reproducción)

INDICADOR DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
	Desplazamiento de poblaciones (aves y mamíferos) por el incremento del ruido, resultando en bajas tasas de reproducción.
	Pérdida de especies de lento desplazamiento con estatus de protección y/o de interés ambiental.
	Pérdida de individuos de aves y pequeños mamíferos por envenenamiento con la solución acumulada en las pilas.
	Pérdida de individuos de avifauna por el contacto con las soluciones de proceso contenidas en las piletas.
	Retorno de pequeños mamíferos y reptiles por la presencia de rocas que utilizan para construir madrigueras.
	Como resultado del aumento del área con cobertura vegetal, retorno de especies de fauna (aves y mamíferos).

5.1.2. Metodología para evaluar impactos

Una vez que se identificaron las acciones precursoras de impacto, la parte de las obras o actividades que generan las acciones y el elemento del sistema ambiental receptor del cambio, un aspecto fundamental para evaluar los impactos ambientales, consiste el conocer las características y estado de conservación de los elementos que pueden ser afectados por el desarrollo de los impactos. Éste conocimiento, debe extenderse al **Sistema Ambiental Regional delimitado**, ya que el considerar solo el sitio del proyecto o el área de influencia del impacto, puede ocasionar que se **sub** o **sobre** valúen los impactos, ya que, desde el punto de vista espacial, las condiciones actuales para algunos recursos, no son homogéneas y en cuanto a rareza o abundancia, tampoco lo son, **por ello se hace necesario analizar el resultado del diagnóstico ambiental formulado en el Capítulo IV anterior**.

5.1.2.1. Conclusiones del diagnóstico ambiental

Dentro del **SAR** se identificaron **seis aptitudes para el desarrollo de actividades humanas**, englobadas en cuatro sectores principales. La aptitud más alta para el turismo se presenta al oriente del área, el aprovechamiento forestal maderable es más viable al occidente y parte del sureste, **la minería se puede desarrollar hacia el centro-oeste y la parte sur del proyecto**; la ganadería extensiva es más recomendable en las tierras centrales, incluyendo gran parte del sitio del proyecto; tierras aptas para la agricultura de riego se identifican principalmente **en polígonos del norte, centro, sur y oriente del SAR**; finalmente, los terrenos con aptitud para la agricultura de temporal son más restringidos, solo se identifican pequeñas áreas dispersas al centro del área.

Los usos actuales del suelo, es decir, las actividades que actualmente se desarrollan en el territorio del **SAR**, son principalmente **la agricultura de temporal y la ganadería**; la primera, **se desarrolla principalmente en terrenos planos de valles y mesetas**, con suelos más o menos profundos **del oriente del SAR**; mientras que, al oeste, se presenta en pequeñas unidades correspondientes a valles estrechos, **incluyendo algunos dentro del sitio del proyecto**. La ganadería extensiva ocupa el resto del **SAR**, en zonas de pastizales y bosques donde la pendiente del terreno y profundidad del suelo, no permiten llevar a cabo actividades agrícolas.

Como resultado de la compatibilidad entre las diversas aptitudes y el uso actual del suelo, **existen zonas que representan un conflicto desde el punto de vista de compatibilidad**; el más evidente resulta **del desarrollo actual de ganadería extensiva**, en zonas **con aptitud para turismo o para minería**. Actualmente, en el sitio del proyecto, **la parte sur se muestra en conflicto, debido a la presencia de ganadería extensiva en terrenos con aptitud para minería**.

La presión de las actividades humanas tradicionales (agricultura, ganadería y forestería) sobre los recursos naturales, **ha provocado impactos muy fuertes sobre el suelo y la vegetación en la totalidad del SAR**, salvo los valles de los principales arroyos, el resto presenta signos de erosión hídrica en diversas formas y grados. De manera particular **en el sitio del proyecto, ésta se manifiesta como erosión hídrica laminar en grado fuerte y con formación de cárcavas en las laderas bajas**.

Otra consecuencia de la influencia humana en la zona, **es la modificación de la vegetación, ya que no existe vegetación primaria dentro del SAR**, la totalidad de ella ha sido perturbada de manera importante; **se presentan áreas considerables de vegetación secundaria o inducida hasta importantes superficies de agricultura donde la vegetación natural ha sido totalmente eliminada y sustituida por especies de valor agrícola**.

Se prevé en el **PEDUOET**, la implementación de una serie de políticas ambientales a fin de promover el desarrollo sustentable dentro del estado de Guanajuato, entidad en que se ubica el proyecto. La política de aprovechamiento sustentable **se propone para la parte centro-oriental del SAR**, donde se concentra la agricultura de temporal; la de protección para la zona oeste y en la mesa El Gusano, lugares en los que aún persisten manchones de bosques de encino; en tanto que **la política de restauración se recomienda para las zonas más impactadas, como lo son las partes extremo oriental y centro-occidental, donde se ubica el sitio del proyecto**.

5.1.2.2. Estructura del método de evaluación

Una vez reconocidas las acciones y los factores del medio que pueden ser afectados por los agentes de cambio identificados en los aspectos ambientales, se procedió a evaluar la magnitud o importancia de los mismos utilizando para ello, un sistema de matriz de cribado a través del método conocido como **Matriz de importancia del Impacto Ambiental** (MIIA). La matriz de importancia nos permitió obtener una valoración cualitativa de la relevancia de los impactos, ya que se toma en cuenta las actividades del proyecto, los agentes de cambio que pueden originarse por ellas y los elementos del medio que pudiesen resultar afectados. El método se adoptó para el Proyecto **"Cerro del Gallo"**, a fin de obtener claridad de los impactos (interrelación ***Actividad del proyecto*** ↔ ***Elemento del medio***), es decir, **realizar una investigación prospectiva de lo que puede ocurrir**.

Para la implementación del método, el análisis **se realizó por elemento del medio natural estableciendo el indicador de impacto**. En la Matriz de importancia del Impacto Ambiental, se ordenaron en las filas del cuadro **los impactos ambientales identificados y la actividad que lo origina** considerando cada etapa del proyecto y en las columnas **los atributos propios del impacto**.

Los atributos del impacto, o casillas de cruce, fueron ocupados por la valoración correspondiente a **diez calificadores**, a los que se añadió una última casilla **en la que**

sintetiza en una cifra la importancia del impacto, en función de los diez primeros dígitos.

Los atributos del impacto y los símbolos utilizados en la valoración del impacto ambiental para determinar su importancia fueron:

1. **Naturaleza (signo). -** El signo del impacto hace alusión al carácter benéfico (+) o adverso (-) de los cambios que se producirán por el desarrollo del impacto ambiental y como consecuencia influirán en las características actuales de los elementos naturales. El signo es parte de la ecuación para evaluar el impacto ambiental y por consecuencia los impactos negativos invariablemente se observarán con signo (-) y **mientras menor sea su valor, mayor será su importancia.**

2. **Intensidad. -** Este atributo se refiere el grado de incidencia o daño del agente de cambio sobre el elemento que afectará considerando el **SAR**. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 16, en el que el **16 expresará una degradación irreversible** del elemento en el área en la que se produce el efecto, y el **1 una afección mínima**. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones intermedias. Para el proyecto, se aplicarán las valoraciones **asumiendo el estado de conservación de los elementos del sistema descritos en el Capítulo IV anterior**, ya que elementos del sistema como la vegetación y flora; agua superficial; suelo, etc., sustentan en grado de afectación **que les resta el valor ambiental que pudiesen haber tenido anteriormente**, ello es notorio al no observarse una configuración del perfil vegetacional que asemeje a las asociaciones vegetales primarias; el mismo caso es para el agua superficial, escasa y con presencia de contaminantes.

3. **Extensión. -** Se refiere **al área de influencia teórica del impacto** en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado que no superará el área del proyecto, se considerará que el impacto tiene un valor

mínimo de 1. Si, por el contrario, el efecto **no permite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto**, teniendo una influencia regional que puede afectar directamente las características de uno o varios elementos insertos en el **SAR** (cambio de las características actuales en todo el **SAR**), el impacto se valorará con 8, considerando las situaciones intermedias, según su dispersión espacial, se valorará con 2 cuando el efecto sale del área del proyecto sin interesar de manera relevante los elementos del sistema ambiental en alguna de las dos microcuencas (dentro de la propiedad) y 4 cuando afecte de manera relevante (en extensión) una de las dos microcuencas que delimitan el **SAR**.

4. **Momento. -** Se refiere al plazo de manifestación del impacto. Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la *acción* (t_o) y el comienzo del *efecto* (t_i) sobre el elemento natural. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, asignándole un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 3 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de tres años, Largo Plazo, con valor asignado (1). Así mismo se considera ***el Impacto latente***, cuando un cambio se genere por acciones no deseables u observadas (errores de ingeniería o manejo) y se presente posterior al cierre y el ***Impacto de momento crítico***, relacionado **con la capacidad de carga del sistema ambiental**, por la acumulación o sinergia de los cambios ocasionados por el proyecto o agentes externos al mismo, dentro del **SAR**. Estos dos últimos momentos, generalmente no se integran en las evaluaciones de impacto ambiental para el Sector Minero, sin embargo**, condiciones particulares como la escaza cantidad de materiales neutralizantes y la también escaza proporción de materiales acidificantes** observadas en los ensayos del laboratorio **para los residuos mineros**, pudiesen asegurar que la cantidad potencial de generación de ácidos, diferida en el tiempo, **asegura que no se presentarán efluentes con valores menores a 4 UpH**; afirmación **subjetiva** en virtud de la baja representatividad de la muestra.

5. **Persistencia. -** Se refiere al **tiempo que, teóricamente, permanecería el efecto a partir de su aparición**. Si dura menos de un año, se considera que la acción produce un efecto Fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 3 años, Temporal (2); entre 4 y 8 años (vida del proyecto), Duradero (4) y si el efecto tiene una duración superior a los **12 años** (tiempo mayor al estimado para el abandono) se considera el efecto como Permanente, asignándole un valor (8).

6. **Reversibilidad. -** Refiere a **la posibilidad de que naturalmente se reviertan los efectos originados por el impacto en el elemento afectado**, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actividad por medios naturales (sin aplicar medidas de mitigación, solo de prevención). Si de acuerdo al inciso anterior es a Temporal, se le asigna el valor (1), si es a Mediano Plazo entre 4 y 10 años (2), si es a Largo Plazo superior a los 12 años (4) y si es Irreversible se asigna el valor (8).

7. **Sinergia (regularidad de la manifestación). -** Nivel del **efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente**. Si el impacto no ocasiona sinergia (Simple) se calificará con el valor (1); si el impacto se considera Sinérgico, **pero se manifiesta de manera esporádica se utilizará el valor** de (2) y si se **considera con una manifestación continua de la sinergia** (Muy Sinérgico) el valor corresponde a (4).

8. **Acumulación. - Efecto por el incremento de los impactos de acciones por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente** (temporal y permanente). Si el impacto no se considera acumulativo (Simple) se le asignará un valor de (1) y por el contrario si es Acumulativo el valor será de (4). Para éste calificador, se considera la

presencia del cambio sin importar el origen (ej. Erosión del suelo presente por actividades antropogénicas y erosión por el proyecto es acumulativo).

9. **Probabilidad. - Posibilidad del desarrollo del agente de cambio que produce el efecto en el ambiente**, **considerando las características de los elementos del sistema y el diseño del proyecto**. Si se determina que es Improbable que el efecto se presente, se calificará con (1), si se considera Probable que el efecto se desarrolle la calificación será (2) y si se tiene la certeza de que el impacto se desarrollará la calificación será de (4).

10. **Recuperablidad mediante la aplicación de medidas de mitigación. - La posibilidad y el momento de introducir acciones o medidas de mitigación para disminuir la magnitud o restaurar los efectos del impacto**, se valorará de manera temporal. Cuando las acciones de mitigación pueden aplicarse en la misma etapa del proyecto en que se genera el impacto, se calificará (1), **cuando debe esperarse hasta la etapa de cierre**, la calificación será (2) y cuando no existe posibilidad de implementar las medidas hasta después del cierre se calificará como Mitigable (4).

En la tabla siguiente se presenta de manera condensada las abreviaturas utilizadas para cada atributo del impacto ambiental, una síntesis de la descripción y los valores de calificación de acuerdo a las condiciones del impacto.

Tabla V. 6. Atributos de los impactos y valores de calificación

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Naturaleza del impacto (+/-)	Diferencia a los agentes del cambio, *precursores del impacto hacia los elementos del sistema ambiental*, generados por las actividades del proyecto; como benéficos (positivos) o adversos (negativos).	Impacto Positivo	1
		Impacto Negativo	-1
Intensidad del impacto (**In**)	Para los **impactos negativos**, se considera el grado del daño ambiental por el desarrollo del propio impacto, sobre uno o varios elementos del sistema; mientras que, para los **positivos**, se considera el grado en que incide, para restaurar; mejorar o mantener la calidad de los mismos.	Bajo	1
		Medio	2
		Alto	4
		Muy Alto	8
		Total	16
Extensión de impacto (**Ex**)	Área (territorial) en que incide el desarrollo del cambio producido por el impacto (negativo o positivo) en uno o	Puntual, el efecto se localizará en el sitio del Proyecto	1

Símbolo	Descripción	Rango	Valor	
	varios elementos del sistema. Se considera primeramente el sitio del proyecto, en segundo término, el terreno propiedad de la promovente, en tercer término, las unidades base que conforman el **SAR** (microcuencas) y en cuarto término, el **SAR**.	El efecto se extiende fuera del área del sitio del proyecto, pero no sale del predio (no afecta población).	2	
		Afecta a uno o varios elementos en una de las dos microcuencas del **SAR**.	4	
		Afecta totalmente en extensión a uno o varios elementos del **SAR**, incluyendo afectaciones a cauces.	8	
Momento del impacto (**Mm**)	Plazo en que se manifestará el cambio en el elemento por el desarrollo del impacto. Se considera el tiempo máximo en que los efectos negativos o positivos pueden manifestarse. Se considera también el Impacto latente, cuando un cambio se genere por acciones no deseables u observadas (errores de ingeniería o manejo) y se presente posterior al cierre y el Impacto de momento crítico, relacionado con la capacidad de carga del sistema ambiental, por la acumulación o sinergia de los cambios ocasionados por el proyecto o agentes externos al mismo.	Impacto a largo plazo (en la vida del proyecto)	1	
		Impacto a mediano plazo (en una etapa del proyecto)	2	
		Impacto inmediato (durante la actividad)	4	
		Impacto Latente (posterior al cierre, pero no en momento crítico)	8	
		Impacto de momento crítico	16	
Persistencia del impacto (**Pr**)	Permanencia en el tiempo ***del efecto*** que genera el cambio precursor del impacto, considerando la presencia del agente precursor. Para impactos residuales se consideran como persistentes	Fugaz (Efecto que desaparece en menos de 1 año; la fuente del efecto no continúa)	1	
		Temporal (Efecto que desaparece entre 1 a 12 años; la fuente del efecto no continúa)	4	
		Duradero (el efecto permanecerá después del cierre, lapso mayor a 12 años al igual que la fuente)	8	
		Persistente (el efecto permanecerá después del cierre, lapso mayor a 12 años al igual que la fuente)	16	
Reversibilidad (**Rv**)	Tiempo en que ***los efectos del cambio*** en el sistema, resultantes del **impacto ambiental negativo**, pueden ser revertidos al estado inicial (previo al proyecto) o asimilados por el sistema ambiental (con o sin la ayuda del hombre). Para los **impactos ambientales positivos**, se considera el tiempo en que la acción de restauración genera el resultado deseado y la calificación es inversa sin considerar la residualidad.		**(-)**	**(+)**
		Temporal (de menos de un año)	1	4
		Corto plazo (1 a 3 años)	2	2
		Mediano plazo (4 a 12)	4	1
		Irreversible (Impacto residual)	8	-
Sinergia, regularidad de la manifestación (**Sn**)	Nivel del efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.	Sin sinergismo (simple)	1	
		Sinérgico (de rápida reversibilidad)	2	
		Muy sinérgico (de lenta reversibilidad)	4	
Acumulación del impacto **(Ac**)	Efecto por el incremento de los impactos de acciones por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (temporal y permanente)	Simple	1	
		Acumulativo	4	
Probabilidad (**Po**)	Posibilidad de que ***por el desarrollo del agente de cambio*** se produzca el efecto (daño o mejora) en uno o más elementos del sistema ambiental, considerando las características de los elementos del sistema y el diseño del proyecto.	Improbable	1	
		Probable	2	
		Seguro	4	
Recuperabilidad o Medidas de mitigación (**Rc**)	Para los efectos negativos generados por el impacto, tiempo de eliminación del efecto por ***el resultado de la aplicación de medidas de mitigación*** o bien la imposibilidad técnica de aplicarlas. Para los positivos se evalúa de manera inversa.		**(-)**	**(+)**
		De manera inmediata	1	4
		Mediano plazo (Durante la vida del proyecto)	2	2
		Compensable	4	1
IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL (IIA)		**IIA= ± (3In+2Ex+Mm+Pr+Rv+Sn+Ac+Po+Rc)**		

5.1.2.3. Valoración de la importancia del Impacto Ambiental

La valoración o evaluación de los impactos ambientales, tiene como finalidad conocer la **importancia del impacto ambiental**, entendiendo ésta como "**el grado de daño o beneficio provocado por el desarrollo de la interacción del proyecto con los elementos del SAR, desde una óptica semicuantitativa**".

Por ello, de acuerdo con la metodología, **debe existir una ponderación entre los atributos mediante los cuales se califica el impacto ambiental**, ya que la intensidad y la extensión del impacto, son valores que por sí mismos preocupan en la importancia del impacto, por ello previo a la aplicación de la fórmula para obtener la **Importancia del Impacto Ambiental**, debe establecerse el nivel de relevancia en esos dos atributos.

En ese sentido, la **Intensidad del Impacto** ambiental mantiene un peso de ponderación de 3, la **Extensión del Impacto** de 2 y el resto de los atributos de 1, por consecuencia la fórmula para determinar la importancia del impacto ambiental se expresa en la siguiente:

$$IIA = \pm(3In + 2Ex + Mm + Pr + Rv + Sn + Ac + Po + Rc)$$

Con el fin de evitar **ponderaciones en la sinergia**, se optó por establecer valores diferentes en la calificación de éste atributo, considerando valores de: **1** para aquellos **no sinérgicos**, **2** para **sinergias de rápida reversibilidad** y **4** para impactos **sinérgicos de lenta reversibilidad**. La base técnica de la decisión, se basa en el hecho de que, la sinergia definida como "*Nivel del efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente*" la expresión por sí misma, **haría suponer que esa incidencia mayor a la suma de las individuales observadas de manera aislada, se comporta de manera homogénea en los impactos que conllevan el atributo**, sin embargo en la práctica, se ha observado que en los proyectos mineros, **la sinergia se comporta de manera diferenciada**; como ejemplo, la contaminación del suelo con

materiales o residuos que contengan cianuros, provocan que, ante la presencia de agua meteórica se contamine el elemento y la incidencia es mayor que si se analizan de manera aislada los impactos al suelo y agua ya que por el pH de la lluvia (5 UpH), generaría adicionalmente la generación de gases por la descomposición del cianuro, los cuales se disipan rápidamente. Observando otro impacto sinérgico que se deriva de la generación de residuos mineros y su disposición final insitu, tomando nuevamente al agua meteórica que, al infiltrarse en los depósitos, se contamina por el contacto con el residuo, **puede ocasionar la generación de drenaje ácido de roca**, impacto cuya incidencia es mayor que la suma de la contaminación del agua y la disposición del residuo (afecta la geoforma) ya que adicional a los efluentes ácidos que contaminarían agua y suelo, se tiene que por la presencia de éstos efluentes con pH menor a 4 UpH, **se lixivian metales y metaloides**, fenómeno que no sucedería si el pH del agua fuese de 5 unidades; éste impacto **cesa hasta en tanto no se apliquen medidas de mitigación o bien se agoten o dejen de reaccionar los sulfuros metálicos contenidos en el residuo**.

Regresando con el método de evaluación, al aplicar la fórmula, la **Importancia del Impacto** arroja valores de entre **12** y **100**, en razón de que **la intensidad por sí misma puede alcanzar un valor** de -**48**, el método establece la siguiente clasificación.

- **Menor a -25**, son irrelevantes y compatibles con el ambiente;
- **Entre -26 y -50**, se consideran moderados;
- **Entre -51 y -75**, se consideran severos, y,
- **Entre -76 y -100**, se consideran significativos o relevantes que, de acuerdo a la definición contenida en el **REIA**, es "*aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales*".

5.1.2.4. Resultados de la evaluación de los impactos ambientales

Con la definición del método para evaluar los impactos ambientales, se construyeron las matrices por elemento del sistema, **asumiendo un indicador de impacto para cada elemento** del **SAR**; posteriormente se elaboró un cuadro resumen donde en las filas se observa el indicador de impacto, un identificador del mismo y la descripción del impacto; en las columnas se observa la etapa del proyecto y las actividades que serían el origen del impacto. En las casillas de cruce se observa el valor obtenido bajo el método "**Matriz de Importancia del Impacto Ambiental**".

En la tabla siguiente se presenta el concentrado de la evaluación del impacto y en los posteriores las matrices de evaluación por elemento del sistema ambiental.

Tabla V. 7. Concentrado de la Evaluación de impactos ambientales

Resultados de la Evaluación-Matriz de la Importancia del Impacto Ambiental (MIIA)				Preparación del sitio							Construcción											Operación y mantenimiento															Desmantelamiento y Abandono							
ELEMENTOS	INDICADOR DE IMPACTO	CÓDIGO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Desmonte	Construcción de accesos	Despalme, acarreo y	Excavación, nivelación y	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Construcción de obras	Construcción de pozos	Construcción de edificios y	Descapote del tajo (manejo de	Construcción de la base de la	Construcción de la planta de	Construcción de la plataforma,	Construcción de la planta de	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Minado del tajo	Carga, acarreo del mineral y	Conformación de la tepetatera	Acomodo del mineral en camas	Operación de la infraestructura	Operación del área de	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	Lixiviación del mineral en la	Manejo de soluciones de proceso	Operación de la planta de desorción-electrólisis	Restauración durante la	Manejo de combustibles, lubricantes y sustancias	Empleo	Recuperación de valores	Neutralización química	Retiro de químicos utilizados	Estabilización física del terreno	Desmantelamiento y retiro de	Restauración Forestal de	Monitoreo posterior al abandono	Empleo
MEDIO ABIÓTICO	Calidad del aire	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos de Gases de Efecto Invernadero.		-15	-19	-19				-16	-18	-22		-22	-19	-30	-18					-40									-23						-22					
		Ai-02	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5.		-18	-21	-22				-21		-19		-24	-18	-30	-19															-23						-28					
		Ai-03	Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5																				-34	-31	-29																			
		Ai-04	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salu											-24								-38						-40								-22							
		Ai-05	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5																								-40																
		Ai-06	Debido a la disminución de superficie expuesta al viento, diminución de emisiones de partículas, resultando en el mejoramiento de la calidad del aire																																					47			
	Incremento del ruido ambiental	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.		-20	-27	-23				-24	-24	-22		-27	-22	-22	-22					-31	-31				-29	-32									-21	-21				
		Ru-02	Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en la deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos											-40								-36																				
	Cambios geomorfológicos	Ge-01	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire			-29								-31	-35							-44		-44	-50																		
		Ge-02	Por fallas en taludes o asentamientos del terreno; caída de materiales geológicos que eviten la continuidad de las actividades y dañen infraestructura requerida para prevención de impactos ambientales negativos											-18	-15																												
		Ge-04	Por rectificación de taludes, eliminación de fuentes contaminantes al aire, suelo y agua																															30					27				
		Ge-05	Por la baja en la velocidad de escurrimiento, disminución de erosión y mejora en calidad del agua superficial																																						39		
	Calidad de suelos	Su-01	Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el SAR y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos.	-53																																						
		Su-02	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ.		-21	-47	-37																																			
		Su-03	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.					-19												-19									-26						-18								
		Su-04	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales						-16		-16									-17																							

Resultados de la Evaluación-Matriz de la Importancia del Impacto Ambiental (MIIA)				Preparación del sitio							Construcción											Operación y mantenimiento															Desmantelamiento y Abandono							
ELEMENTOS	INDICADOR DE IMPACTO	CÓDIGO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Desmonte	Construcción de accesos	Despalme, acarreo y	Excavación, nivelación y	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Construcción de obras	Construcción de pozos	Construcción de edificios y	Descapote del tajo (manejo de	Construcción de la base de la	Construcción de la planta de	Construcción de la plataforma,	Construcción de la planta de	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Minado del tajo	Carga, acarreo del mineral y	Conformación de la tepetatera	Acomodo del mineral en camas	Operación de la infraestructura	Operación del área de	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	Lixiviación del mineral en la	Manejo de soluciones de proceso	Operación de la planta de adsorción,	Restauración durante la	Manejo de combustibles,	Empleo	Recuperación de valores	Neutralización química	Retiro de químicos utilizados	Estabilización física del terreno	Desmantelamiento y retiro de	Restauración Forestal de	Monitorreo posterior al abandono	Empleo
		Su-05	Incremento en la pérdida de suelo, erosión y contaminación del mismo por cambio en la geoforma que resulta por el desplazamiento/deslizamiento de las áreas en la superficie circundantes a las paredes.																			-32																				
		Su-06	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos																					-39																	-54	
		Su-07	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente																					-34																		
		Su-08	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a una operación deficiente																												-30	-27										
		Su-09	Eliminación parcial de fuentes de contaminación química al suelo por metales, metaloides y total por sustancias químicas ajenas al sitio del proyecto																																	46							
		Su-10	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al suelo y neutralización de riesgos asociados al manejo de químicos (tóxicos) ajenos al sistema ambiental, que incidan en el suelo																																		34						
		Su-11	Eliminación de fuentes de contaminación química al suelo (HC y sus residuos)																																				34				
		Su-12	Disminución del potencial de erosión por la reconfiguración del drenaje y aplicación de cobertura del suelo																																						47		
		Su-13	Por presencia de vegetación (área foliar y sistemas radiculares), se estabiliza la erosión y se promueve un patrón de pérdida de suelo acorde al sistema ambiental original																																						31		
		Su-14	Incremento de erosión y contaminación del suelo por cambio en la geoforma que resulta en el desplazamiento/deslizamiento de la superficie.																																							-41	
	Calidad del agua superficial	Ap-01	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible		-25	-46	-34				-22		-26	-35	-35	-16	-45	-16																								
		Ap-02	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.			-28								-20	-33									-42																	
		Ap-03	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos						-21										-21														-20								
		Ap-04	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxigeno disponible						-18											-18															-17						
		Ap-05	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides																			-32		-44																	-51	
		Ap-06	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua (CN- y Metales)																																	32						
		Ap-07	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al agua y disminución del riesgo de accidentes asociados al manejo de químicos tóxicos y reactivos por el contacto con el elemento (cianuros)																																		33						
		Ap-08	Disminución de contaminación del agua con partículas sólidas orgánicas e inorgánicas																																			36		39			
	Calidad del agua subterránea	Hs-01	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero				-37							-26	-16		-40																								
		Hs-02	Contaminación del agua subterránea con sólidos (arcillas) y grasas, por una incorrecta perforación de los pozos para abastecimiento del agua y monitoreo									-24																														

Resultados de la Evaluación-Matriz de la Importancia del Impacto Ambiental (MIIA)				Preparación del sitio							Construcción											Operación y mantenimiento												Desmantelamiento y Abandono							
ELEMENTOS	INDICADOR DE IMPACTO	CÓDIGO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Desmonte	Construcción de accesos	Despalme, acarreo y	Excavación, nivelación y	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Construcción de obras	Construcción de pozos	Construcción de edificios y	Descapote del tajo (manejo de	Construcción de la base de la	Construcción de la planta de	Construcción de la plataforma,	Construcción de la planta de	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Minado del tajo	Carga, acarreo del mineral y	Conformación de la tepetatera	Acomodo del mineral en camas	Operación de la infraestructura	Operación del área de	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	Lixiviación del mineral en la	Manejo de soluciones de proceso	Operación dela planta de adsorción,	Restauración durante la	Manejo de combustibles,	Empleo	Recuperación de valores	Neutralización química	Retiro de químicos utilizados	Estabilización física del terreno	Desmantelamiento y retiro de	Restauración Forestal de	Monitorreo posterior al abandono	Empleo
MEDIO BIÓTICO	Calidad del hábitat (Vegetación y flora)	Hs-03	Contaminación del agua subterránea aflorante, por el contacto con sólidos disgregados por el desprendimiento de rocas en las voladuras																			-22																			
		Hs-04	Por fallas catastróficas en la mina, el agua meteórica y oxigeno, aceleran la descomposición de sulfuros, resultando en la infiltración al acuífero de agua ácida que a su vez lixivia metales y metaloides																			-32																			
		Hs-05	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración soluciones del proceso																					-38																		
		Hs-06	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y/o prácticas operativas incorrectas, descomposición de sulfuros en el tepetate que resultan en la infiltración y contaminación química del agua subterránea, (agua ácida que lixivie metales y metaloides																					-44																		
		Hs-07	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura incorrecto, liberación de soluciones del proceso, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales																					-36																		
		Hs-08	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie																					-37																		
		Hs-09	En el SAR, presión adicional al acuífero, resultando en el incremento del déficit; en el sitio, contaminación del agua subterránea debido al decremento en el nivel freático por la extracción para el proyecto, resultando en el incremento de sales disueltas y el deterioro de la calidad requerida en otros pozos																							-56																
		Hs-10	Por una operación incorrecta y malas practicas en la construcción, filtraciones de soluciones del proceso al subsuelo, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales																													-29										
		Hs-11	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero																														34					35		41		
		Hs-12	Por una operación incorrecta contaminación química del agua subterránea por la infiltración de hidrocarburos																															-27								
		Hs-13	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua subterránea por infiltraciones																																	26					
		Hs-14	Por la eliminación del consumo de agua para uso industrial, recuperación paulatina del nivel freático considerando el inicio de las operaciones																																		25				
		Hs-15	Un manejo incorrecto de residuos dispuestos en la tepetatera y plataforma; y la ausencia (durante la operación) de un plan detallado de cierre de mina, resulta en acciones de restauración equívocas que provocan la contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie																																					-50	
	Calidad del hábitat (Vegetación y flora)	Vf.01	En el SAR, por la eliminación de vegetación natural e inducida en el sitio del proyecto, modificación de las relaciones dinámicas entre los elementos abióticos , animales y microorganismos, resultando en la disminución de espacios que brinden servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, incluyendo la pérdida de hábitat la especies adaptadas a zonas con disturbios	-59																																						
		Vf-02	En el SAR, disminución de poblaciones conformadas por individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales.	-49																																						
		Vf-03	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales	-40	-37						-29	-29																														
		Vf-04	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas		-27	-25					-24	-27			-23		-26					-24		-26																		
		Vf-05	Establecimiento de los medios para regresar los servicios ambientales que presta la vegetación, resultando en la estabilización paulatina del sistema ambiental.																														36							41		

Resultados de la Evaluación-Matriz de la Importancia del Impacto Ambiental (MIIA)				Preparación del sitio							Construcción											Operación y mantenimiento												Desmantelamiento y Abandono							
ELEMENTOS	INDICADOR DE IMPACTO	CÓDIGO DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Desmonte	Construcción de accesos	Despalme, acarreo y	Excavación, nivelación y	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Construcción de obras	Construcción de pozos	Construcción de edificios y	Descapote del tajo (manejo de	Construcción de la base de la	Construcción de la planta de	Construcción de la plataforma,	Construcción de la planta de	Manejo de combustibles,	Manejo de residuos y efluentes	Empleo	Minado del tajo	Carga, acarreo del mineral y	Conformación de la tepetatera	Acomodo del mineral en camas	Operación de la infraestructura	Operación del área de	Operación de la planta de trituración y aglomeración	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	Lixiviación del mineral en la	Manejo de soluciones de proceso	Operación dela planta de adsorción,	Restauración durante la	Manejo de combustibles,	Empleo	Recuperación de valores	Neutralización química	Retiro de químicos utilizados	Estabilización física del terreno	Desmantelamiento y retiro de	Restauración Forestal de	Monitoreo posterior al abandono	Empleo
COMPONENTE BIÓTICO	Calidad del hábitat (Fauna)	Fa-01	Disminución de la cobertura vegetal, que resulta en la reducción de alimentos disponibles y cobertura necesaria para la reproducción de las especies de mamíferos, generando la pérdida parcial de la conectividad en los procesos biológicos, modificando el intercambio y migración de las especies de fauna silvestre	-36																																					
		Fa-02	Destrucción de nidos (avifauna) y madrigueras (mamíferos y reptiles), que resulta en la pérdida de crías y desplazamiento de individuos de fauna terrestre.	-30																																					
		Fa-03	Destrucción de madrigueras y pérdida de individuos de lento desplazamiento, entre otros reptiles protegidos por las normas o tratados			-33																																			
		Fa-04	Pérdida de individuos de avifauna, pequeños mamífero y reptiles, por el contacto o ingestión con las soluciones de proceso contenidas en las piletas																												-32										
		Fa-05	Generación de condiciones adecuadas para la reproducción de la fauna terrestre, resultando en el regreso de los individuos de mamíferos y reptiles																																		26				
		Fa-06	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental																																			36			
COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	Demografía	De-01	Cambios en las oportunidades de empleo							27											39														48							-35
		De-02	Cambios en las rentas públicas locales y estatales							0											39														49							

IMPACTO AMBIENTAL COMPATIBLE

IMPACTO AMBIENTAL MODERADO

IMPACTO AMBIENTAL SEVERO

IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO O RELEVANTE

IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO

Tabla V. 8. Impactos en calidad del aire

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero	Construcción de accesos	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	**-15**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
				Excavación, nivelación y compactación	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Ai-02	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Construcción de accesos	-1	1	2	4	1	1	1	1	2	1	**-18**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	**-21**
				Excavación, nivelación y compactación	-1	2	1	4	1	1	1	4	2	1	**-22**
Construcción	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero.	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	**-16**
				Construcción de pozos	-1	1	2	4	1	1	1	1	2	1	**-18**
				Construcción de edificios y obras auxiliares	-1	2	1	4	1	1	1	4	2	1	**-22**
				Construcción de la base de la tepetatera	-1	2	1	4	1	1	1	4	2	1	**-22**
				Construcción de la planta de trituración	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	4	1	4	1	1	1	4	4	1	**-30**
				Construcción d ela planta de recuperación	-1	1	2	4	1	1	1	1	2	1	**-18**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras	Ai-02	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	1	**-21**
				Construcción de edificios y obras auxiliares	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
				Construcción de la base de la tepetatera	-1	2	1	4	1	1	1	4	4	1	**-24**
				Construcción de la planta de trituración	-1	1	2	4	1	1	1	1	2	1	**-18**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	4	1	4	1	1	1	4	4	1	**-30**
				Construcción d ela planta de recuperación	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) y rocas, (gruesos) por actividades inherentes a la fragmentación de la roca mediante voladura y trituración del mineral	Ai-04	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud.	Descapote del tajo (manejo de explosivos).	-1	2	1	4	1	1	1	4	4	1	**-24**
Construcción-operación	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero	Carga, acarreo del mineral y tepetate	-1	4	1	4	8	4	1	4	4	1	**-40**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de residuos mineros (tepetate) y materia prima del proceso (mineral).	Ai-03	Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Carga, acarreo del mineral y tepetate	-1	2	1	4	8	4	1	4	4	1	**-34**
				Conformación de la tepetatera	-1	1	1	4	8	4	1	4	4	1	**-31**
				Acomodo de mineral en camas	-1	1	1	4	8	4	1	4	2	1	**-29**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) y rocas, (gruesos) por actividades inherentes a la fragmentación de la roca mediante voladura y trituración del mineral	Ai-04	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud	Minado del tajo	-1	4	1	2	8	4	1	4	4	1	**-38**
Operación y mantenimiento	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero	Restauración durante la operación	-1	1	1	4	4	2	1	4	2	1	**-23**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Ai-02	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Restauración durante la operación	-1	1	1	4	4	2	1	4	2	1	**-23**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) y rocas, (gruesos) por actividades inherentes a la fragmentación de la roca mediante voladura y trituración del mineral.	Ai-04	Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud.	Operación de la planta de trituración y aglomeración	-1	4	1	4	8	4	1	4	4	1	**-40**
	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas.	Ai-05	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Operación del área de generación	-1	2	1	4	8	1	1	4	4	1	**-31**
				Operación de la planta de recuperación	-1	4	1	4	8	1	1	4	4	2	**-38**
Desmantelamiento y abandono	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión requeridos para el desarrollo de la actividad.	Ai-01	Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero	Estabilización del terreno	-1	2	1	4	1	1	1	4	2	1	**-22**
	Emisión a la atmósfera de material particulado (polvos) por actividades de movimiento de tierras.	Ai-02	Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Estabilización del terreno	-1	4	1	2	1	1	1	4	4	1	**-28**
	Emisión a la atmósfera de gases y partículas por la operación de los equipos de equipos para proceso que funcionan como fuentes fijas.	Ai-05	Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5	Recuperación de valores residuales	-1	2	1	4	1	1	1	4	2	1	**-22**
	Reducción de la superficie con materiales técnicos disgregados expuesta al viento	Ai-06	Debido a la disminución de superficie expuesta al viento, diminución de emisiones de partículas, resultando en el mejoramiento de la calidad del aire.	Restauración forestal y de suelo	1	4	2	8	8	4	1	4	4	2	**47**

Tabla V. 9. Incremento del ruido ambiental

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.	Construcción de accesos	-1	1	4	2	1	1	1	1	1	2	**-20**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	2	4	2	1	1	1	4	2	2	**-27**
				Excavación, nivelación y compactación	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	2	**-23**
Construcción	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	1	4	2	1	1	1	4	2	2	**-24**
				Construcción de pozos	-1	1	4	2	1	1	1	4	2	2	**-24**
				Construcción de edificios y obras auxiliares	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	**-22**
				Construcción de la base de la tepetatera	-1	2	4	2	1	1	1	4	2	2	**-27**
				Construcción de la planta de trituración	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	**-22**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	**-22**
				Construcción de la planta de recuperación	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	**-22**
	Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976)	Ru-02	Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en la deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos.	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	-1	4	4	4	1	4	1	4	4	2	**-40**
Construcción-operación	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.	Acarreo del mineral y tepetate	-1	1	4	1	8	4	1	4	1	1	**-31**
				Conformación de la tepetatera	-1	1	4	1	8	4	1	4	1	1	**-31**
	Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976)	Ru-02	Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en la deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos.	Minado del tajo	-1	2	4	1	8	4	1	4	2	2	**-36**
Operación y mantenimiento	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.	Operación del área de generación	-1	1	4	1	8	2	1	4	1	1	**-29**
				Operación de la planta de trituración y aglomeración	-1	2	4	1	8	2	1	4	1	1	**-32**
Desmantelamiento y ababndono	Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad	Ru-01	Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales.	Estabilización del terreno	-1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	**-21**
				Desmantelamiento y retiro de equipo	-1	1	4		1	1	1	4	1	1	**-21**

Tabla V. 10. Impactos cambios geomorfólogicos

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ge-01	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire).	Despalme, acarreo y apilamiento de suelo	-1	2	4	2	1	2	1	1	4	4	**-29**
Construcción	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ge-01	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire).	Descapote de tajo (manejo de explosivos)	-1	2	1	2	4	4	1	4	4	4	**-31**
				Construcción de la base de tepetatera	-1	2	4	2	4	4	1	4	2	4	**-35**
	Cambios geomorfológicos que resulten en deslizamientos de taludes y/o asentamientos que puedan dañar la maquinaria e infraestructura temporal para construcción u obstruir drenajes naturales y/o aquellos artificiales, construidos para protección de las obras.	Ge-02	Por fallas en taludes o asentamientos del terreno; caída de materiales geológicos que eviten la continuidad de las actividades y dañen infraestructura requerida para prevención de impactos ambientales negativos.	Descapote de tajo (manejo de explosivos)	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	**-18**
				Construcción de la base de tepetatera	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	**-15**
Construcción-operación	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ge-01	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire).	Minado de tajo	-1	4	1	1	8	8	1	4	4	4	**-44**
				Conformación de la tepetatera	-1	2	4	1	8	8	1	4	4	4	**-44**
				Acomodo de mineral en camas	-1	4	4	1	8	8	1	4	4	4	**-50**
	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Ge-03	Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o practicas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna).	Minado del tajo	-1	4	1	4	4	2	1	1	1	2	**-29**
				Conformación de la tepetatera	-1	2	1	4	4	1	1	1	1	2	**-22**
Operación y mantenimiento	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la infraestructura y la presencia de sismos, fallas de estructuras que resulte en el deslizamiento de las paredes o taludes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Ge-03	Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o practicas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna).	Lixiviación del mineral en la plataforma	-1	4	1	4	1	2	1	1	1	2	**-26**
	Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas.	Ge-04	Por rectificación de taludes, eliminación de fuentes contaminantes al aire, suelo y agua.	Restauración durante la operación	1	4	1	2	4	2	1	1	4	2	**30**
Desmantelamiento y ababndono	Por la rectificación de taludes, se previene el riesgo de deslizamientos y fallas.	Ge-04	Por rectificación de taludes, eliminación de fuentes contaminantes al aire, suelo y agua.	Estabilización del terreno	1	2	1	2	4	2	1	4	4	2	**27**
	Manejo de pendientes en las estructuras residuales, reintegración del suelo fértil y reconfiguración del patrón de drenaj	Ge-05	Por la baja en la velocidad de escurrimiento, disminución de erosión y mejora en calidad del agua superficial	Restauración forstal y de suelos	1	4	4	2	4	2	1	4	4	2	**39**

Tabla V. 11. Impactos en calidad del suelo

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Su-01	Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el SAR y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos.	Desmonte	-1	8	4	2	4	2	1	4	4	4	**-53**
	Para preparar el sitio, retiro (total o parcial) de los horizontes que conforman el suelo; manipulación para almacenarlo y pérdida de suelos someros.	Su-02	Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ.	Construcción de accesos	-1	2	1	2	1	1	1	4	2	2	**-21**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	4	1	4	8	8	1	4	4	4	**-47**
				Excavación, nivelación y compactación	-1	2	1	2	8	8	1	4	2	4	**-37**
	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Su-03	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Su-04	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.	Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	**-16**
Construcción	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Su-03	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	1	4	1	1	1	1	2	1	**-19**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Su-04	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.	Construcción de pozos	-1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	**-16**
				Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	1	2	1	1	1	4	2	1	**-17**
Construcción-operación	Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño del tajo y la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo	Su-05	Incremento en la pérdida de suelo, erosión y contaminación del mismo por cambio en la geoforma que resulta por el desplazamiento/deslizamiento de las áreas en la superficie circundantes a las paredes.	Minado de tajo	-1	4	1	2	4	2	1	4	1	4	**-32**
	Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el deposito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes. .	Su-06	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos	Conformación de la tepetatera	-1	4	2	1	8	4	4	1	1	4	**-39**
	Por un deficiente análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra	Su-07	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente.	Conformación de la tepetatera	-1	4	2	4	4	2	2	1	1	4	**-34**
Operación y mantenimiento	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de los compuestos químicos requeridos para preparar las soluciones del proceso y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural.	Su-03	Contaminación química del suelo por derrames accidentales de materiales y/o residuos peligrosos.	Almacenamiento y manejo de químicos para el proceso	-1	4	1	4	1	1	2	1	1	2	**-26**
	Por un deficiente almacenamiento y/o manipulación de combustibles, lubricantes y sus residuos, derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo natural			Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	**-18**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural (incluyendo lodos) y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar	Su-04	Contaminación física del suelo por disposición de residuos sólidos y modificación de las propiedades físicas por aguas residuales.	Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	1	2	1	1	1	4	1	2	**-17**
	Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas	Su-08	Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a una operación deficiente	Manejo de soluciones de proceso	-1	4	1	4	4	2	2	1	1	2	**-30**
				Operación de la planta de recuperación	-1	4	1	4	1	2	2	1	1	2	**-27**
Desmantelamiento y ababndono	Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el deposito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes. .	Su-06	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos	Monitoreo posterior al abandono	1	4	2	8	16	4	4	1	1	4	**-54**
	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Su-09	Eliminación parcial de fuentes de contaminación química al suelo por metales, metaloides y total por sustancias químicas ajenas al sitio del proyecto.	Neutralización química	1	8	2	2	4	2	1	1	4	4	**46**
	Disminución de riesgos por derrames, por el retiro de los químicos principales utilizados en el proceso (NaCN, SO4, etc.)	Su-10	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al suelo y neutralización de riesgos asociados al manejo de químicos (tóxicos) ajenos al sistema ambiental, que incidan en el suelo.	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio	1	4	1	4	4	2	1	1	4	4	**34**
	Disminución de riesgos por derrames de combustibles, lubricantes y sus residuos.	Su-11	Eliminación de fuentes de contaminación química al suelo (HC y sus residuos).	Desmantelamiento y retiro de equipo	1	4	2	2	4	2	1	1	4	4	**34**
	Manejo de pendientes en las estructuras residuales, reintegración del suelo fértil y reconfiguración del patrón de drenaje	Su-12	Disminución del potencial de erosión por la reconfiguración del drenaje y aplicación de cobertura del suelo	Restauración forestal y de suelos	1	8	2	2	4	2	2	1	4	4	**47**
	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación, resultando en la disminución de la erosión.	Su-13	Por presencia de vegetación (área foliar y sistemas radiculares), se estabiliza la erosión y se promueve un patrón de pérdida de suelo acorde al sistema ambiental original.	Restauración forestal y de suelos	1	4	2	2	4	4	1	1	1	2	**31**
	Por un inadecuado ángulo de talud que asegure la estabilidad a lago plazo, falla en las estructuras residuales (depresión del tajo, montículo de la tepetatera y montículo del patio)	Su-14	Incremento de erosión y contaminación del suelo por cambio en la geoforma que resulta en el desplazamiento/deslizamiento de la superficie.	Monitoreo posterior al abandono	-1	4	1	8	8	4	1	1	1	4	**-41**

Tabla V. 12. Impactos en hidrología superficial (Calidad del agua)

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Ap-01	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible	Construcción de accesos	-1	1	4	2	1	1	1	4	4	1	**-25**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	8	4	2	1	1	1	4	4	1	**-46**
				Excavación, nivelación y compactación	-1	4	4	2	1	1	1	4	4	1	**-34**
	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ap-02	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	2	4	2	4	2	1	1	2	2	**-28**
	Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	Ap-03	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	2	4	1	1	1	1	2	1	**-21**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte.	Ap-04	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxigeno disponible.	Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	**-16**
Construcción	Exposición del suelo y roca disgregados, al agua meteórica por excavaciones, rellenos, nivelaciones transferencias de suelo/roca y su apilamiento.	Ap-01	En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible.	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	**-22**
				Construcción de pozos	-1	2	4	2	1	1	1	4	2	1	**-26**
				Construcción de edificios y obras auxiliares	-1	4	4	2	4	1	1	4	2	1	**-35**
				Construcción de la base de la tepetatera	-1	4	4	2	4	1	1	4	2	1	**-35**
				Construcción de la planta de trituración	-1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	**-16**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	8	4	2	1	1	1	4	2	2	**-45**
				Construcción de la planta de recuperación	-1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	**-16**
	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ap-02	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.	Descapote del tajo (manejo de explosivos)	-1	2	1	2	1	1	1	4	1	2	**-20**
				Construcción de la base de la tepetatera	-1	4	4	2	1	1	1	4	2	2	**-33**
	Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	Ap-03	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	2	2	1	1	1	4	1	1	**-21**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte.	Ap-04	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxigeno disponible.	Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	2	2	1	1	1	4	1	1	**-18**
Construcción-operación	Modificación de la geoforma a consecuencia de la construcción de elevaciones y excavación de depresiones por el movimiento de tierras para edificar las obras cimentadas; minado del tajo, acomodo de materiales y residuos tecnológicos (suelo, mineral, tepetate)	Ap-02	Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes.	Conformación de la tepetatera	-1	4	4	1	8	4	1	4	2	2	**-42**
	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Ap-05	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que asu vez lixivian metales y metaloides	Minado de tajo	-1	2	1	1	8	4	4	1	2	4	**-32**
				Conformación de la tepetatera	-1	4	4	1	8	4	4	1	2	1	**-44**
Operación y mantenimiento	Derrames accidentales de materiales peligrosos sobre el suelo en las cercanías de cauces o zonas de aporte a los mismos.	Ap-03	En temporada de lluvias, contaminación química del agua superficial por el contacto con químicos peligrosos	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	**-20**
	Disposición de residuos no peligrosos sobre el suelo natural y/o liberación de efluentes sanitarios sin tratar en cauces o zonas de aporte.	Ap-04	En temporada de lluvias, contaminación del agua superficial resultando en el incremento de materiales orgánicos y decremento del oxigeno disponible.	Manejo de residuos y efluentes residuales	-1	1	1	2	1	1	1	4	1	2	**-17**
Desmantelamiento y ababndono	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Ap-05	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que asu vez lixivian metales y metaloides	Monitoreo posterior al abandono	1	4	4	8	8	4	4	1	2	4	**-51**
	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Ap-06	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua (CN- y Metales).	Neutralización química	1	2	2	4	4	4	1	1	4	4	**32**
	Disminución de riesgos por derrames, por el retiro de los químicos principales utilizados en el proceso (NaCN, SO4, etc.)	Ap-07	Eliminación definitiva de fuentes de contaminación química con repercusiones peligrosas al suelo y neutralización de riesgos asociados al manejo de químicos (tóxicos) ajenos al sistema ambiental, que incidan en el suelo.	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio	1	2	2	2	4	4	1	4	4	4	**33**
	Por la modificación de taludes, se mejora la dinámica hidráulica del sitio.	Ap-08	Disminución de contaminación del agua con partículas sólidas orgánicas e inorgánicas	Estabilización física del terreno	1	4	2	2	4	4	1	1	4	4	**36**
	Por la disminución de velocidades, reconfiguración de cauces y baja en pst arrastradas.			Restauración forestal y de suelos	1	4	2	2	4	4	1	4	4	4	**39**

Tabla V. 13. Impactos en la hidrología subterránea (Calidad del agua)

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua.	Hs-01	Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero.	Excavación, nivelación y compactación	-1	2	4	1	8	4	1	1	4	4	**-37**
Construcción	Por las modificaciones en la geomorfología, realizadas por las excavaciones, rellenos que resultan en elevaciones y depresiones artificiales, cambios en el modelo natural de infiltración del agua	Hs-01	Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire).	Descapote de tajo (manejo de explosivos)	-1	1	4	1	1	4	1	4	2	2	**-26**
				Construcción de la base de tepetatera	-1	1	1	1	1	1	1	4	1	2	**-16**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	2	4	1	8	4	1	4	4	4	**-40**
	Contacto del agua subterránea con arcillas y lubricantes biodegradables durante perforaciones para alcanzar el nivel freático del acuífero.	Hs-02	Contaminación del agua subterránea con sólidos (arcillas) y grasas, por una incorrecta perforación de los pozos para abastecimiento del agua y monitoreo	Construcción de pozos	-1	2	4	4	1	1	1	1	1	1	**-24**
Construcción-operación	Por una deficiente operación en el manejo de agua en el tajo (decantación y bombeo), contacto prolongado del agua subterránea aflorante, con el material disperso en los pisos del tajo.	Hs-03	Contaminación del agua subterránea aflorante, por el contacto con sólidos disgregados por el desprendimiento de rocas en las voladuras.	Minado de tajo	-1	1	1	1	8	2	1	1	2	2	**-22**
	Por estabilidad en el diseño propuesto para el tajo, ante la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo.	Hs-04	Por fallas catastróficas en la mina, el agua meteórica y oxigeno, aceleran la descomposición de sulfuros, resultando en la infiltración al acuífero de agua ácida que a su vez lixivia metales y metaloides.	Minado del tajo	-1	2	4	2	4	2	4	1	1	4	**-32**
	Por una pendiente superior a la recomendada en los diseños de ingeniería, falla en los taludes de las estructuras contiguas (tepetatera y plataforma de lixiviación) que obstaculicen la operación y/o liberen sustancias peligrosas	Hs-05	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración soluciones del proceso	Conformación tepetatera	-1	4	4	2	4	4	2	1	1	4	**-38**
	Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el deposito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes.	Hs-06	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y/o prácticas operativas incorrectas, descomposición de sulfuros en el tepetate que resultan en la infiltración y contaminación química del agua subterránea, (agua ácida que lixivie metales y metaloides.	Conformación tepetatera	-1	4	4	2	8	4	4	1	1	4	**-44**
	Por un incorrecto análisis de estabilidad propuesto en el diseño de la tepetatera; y la presencia de sismos, fallas de taludes que puedan obstaculizar la operación y/o liberar químicos del proceso en virtud de la vecindad de la plataforma y dicha obra	Hs-07	Por un diseño de ingeniería de la infraestructura incorrecto, liberación de soluciones del proceso, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales.	Conformación tepetatera	-1	4	4	2	4	2	2	1	1	4	**-36**
	Por un manejo inadecuado de los residuos del minado (pendiente de pisos de la tepetatera; relación finos/gruesos; pendiente en banquetas, etc.), generación de efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes en el tepetate.	Hs-08	Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie.	Conformación de la tepetatera	-1	4	4	1	4	2	4	1	1	4	**-37**
Operación y mantenimiento	Presión adicional al acuífero "acuífero Cuenda alta del río Laja" que actualmente mantiene un déficit de 59.3 Mm^3 anuales.	Hs-09	En el SAR, presión adicional al acuífero, resultando en el incremento del déficit; en el sitio, contaminación del agua subterránea debido al decremento en el nivel freático por la extracción para el proyecto, resultando en el incremento de sales disueltas y el deterioro de la calidad requerida en otros pozos	Operación de la infraestructura hidráulica (pozos)	-1	8	4	1	8	4	1	4	2	4	**-56**
	Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, deterioro en la plancha de concreto resultando en fisuras que canalicen al subsuelo derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas.	Hs-10	Por una operación incorrecta y malas practicas en la construcción, filtraciones de soluciones del proceso al subsuelo, resultando en contaminación química del agua subterránea con CN- y metales.	Operación d ela planta de recuperación	-1	2	4	1	4	2	2	1	1	2	**-29**
	Por la rectificación de taludes, se disminuye la velocidad del escurrimiento y mejora la infiltración de lluvia.	Hs-11	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero.	Restauración durante la operación	1	1	4	1	8	4	1	1	4	4	**34**
	Por un incorrecto mantenimiento y verificación, fugas de lubricantes, combustibles o sus residuos durante tiempos prolongados, por fisuras en tanques y concretos; en válvulas y tuberías.	Hs-12	Por una operación incorrecta contaminación química del agua subterránea por la infiltración de hidrocarburos .	Manejo de combustibles, lubricantes y sus residuos	-1	2	4	2	4	2	1	1	1	2	**-27**
Desmantelamiento y ababndono	Por la rectificación de taludes, se disminuye la velocidad del escurrimiento y mejora la infiltración de lluvia.	Hs-11	Incremento en la recarga del acuífero al disminuir las velocidades del escurrimiento, resultando en la recuperación del acuífero.	Estabilización física del terreno	1	2	4	2	4	2	1	4	4	4	**35**
	Por la creación de áreas con cobertura vegetal, la velocidad del agua disminuye y mayor cantidad se infiltra en el sitio			Restauración forestal y de suelos	1	4	4	2	4	2	1	4	4	4	**41**
	Por el lavado de la plataforma, piletas, tuberías, tanques, bombas, etc.; baja sensible en la concentración de químicos en los efluentes, eliminación de agentes lixiviantes de metales y metaloides.	Hs-13	Por la eliminación de la toxicidad, disminución de la intensidad y extensión de los impactos relativo contaminación química del agua subterránea por infiltraciones.	Neutralización química	1	2	1	2	4	2	1	1	4	4	**26**
	Al concluir el bombeo y estabilizar químicamente el efluente eliminación en consumo de agua subterránea y energía eléctrica para fines industriales.	Hs-14	Por la eliminación del consumo de agua para uso industrial, recuperación paulatina del nivel freático considerando el inicio de las operaciones.	Retiro de químicos utilizados en el proceso de beneficio	1	1	1	4	4	2	1	1	4	4	**25**
	Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos durante la construcción-operación y operación, una vez restaurado el sitio, descomposición de sulfuros y generación de efluentes ácidos en el mineral y tepetate.	Hs-15	Un manejo incorrecto de residuos dispuestos en la tepetatera y plataforma; y la ausencia (durante la operación) de un plan detallado de cierre de mina, resulta en acciones de restauración equívocas que provocan la contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie.	Monitoreo posterior al abandono	-1	4	4	8	8	4	4	1	1	4	**-50**

Tabla V. 14. Impactos de vegetación y flora

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 246.12 ha, de las cuales el 35.31 (86.89 has)% son pastizales inducidos; 40.75% (102.82 has) son vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural, el 16.20% (39.87 has)vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino y 7.75 % (19.06 has) sin vegetación.	Vf-01	En el SAR, por la eliminación de vegetación natural e inducida en el sitio del proyecto, modificación de las relaciones dinámicas entre los elementos abióticos , animales y microorganismos, resultando en la disminución de espacios que brinden servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, incluyendo la pérdida de hábitat la especies adaptadas a zonas con disturbios.	Desmonte	-1	8	4	2	8	4	1	4	4	4	**-59**
	Eliminación de individuos de especies de flora de lento crecimiento o con algún grado de protección normativa	Vf-02	En el SAR, disminución de poblaciones conformadas por individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales	Desmonte	-1	4	4	4	8	4	1	4	4	4	**-49**
	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vf-03	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales	Desmonte	-1	2	4	4	8	4	1	4	1	4	**-40**
				Construcción de accesos	-1	1	4	4	8	4	1	4	1	4	**-37**
	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vf-04	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas	Construccuón de accesos	-1	1	2	4	4	2	1	4	1	4	**-27**
				Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	1	1	4	4	2	1	4	1	4	**-25**
Construcción	Presencia de incendios forestales por el uso no controlado de fuego, en sitios sin infraestructura para servicios de comedor o bien por actividades de corte y soldadura en reparaciones de equipos.	Vf-03	Perdida de áreas adicionales con vegetación, incluyendo individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	1	4	4	4	2	1	4	1	2	**-29**
				Construcción de pozos	-1	1	4	4	4	2	1	4	1	2	**-29**
	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vf-04	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas	Construcción de obras lineales (caminos de acceso, tendido de tuberías y LTE)	-1	1	2	4	4	2	1	4	1	1	**-24**
				Construcción de pozos	-1	2	2	4	4	2	1	4	1	1	**-27**
				Construcción d ela base de la tepetatera	-1	1	1	4	4	2	1	4	1	2	**-23**
				Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas	-1	2	1	4	4	2	1	4	1	2	**-26**
Construcción-operación	Remoción o daño parcial-temporal a la vegetación, en los sitios contiguos a las obras por el acceso de la maquinaria por zonas no contempladas en el proyecto.	Vf-04	Incremento del impacto por la pérdida de vegetación en zonas no consideradas, resultando en la contravención de las Normas	Minado de tajo	-1	1	2	4	4	2	1	4	1	1	**-24**
				Conformación de tepetatera	-1	2	1	4	4	2	1	4	1	2	**-26**
Operación y mantenimiento	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Vf-05	Establecimiento de los medios para regresar los servicios ambientales que presta la vegetación, resultando en la estabilización paulatina del sistema ambiental	Restauracón durante la operación	1	4	1	2	8	4	1	1	4	2	**-36**
Desmantelamiento y ababndono	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Vf-05	Establecimiento de los medios para regresar los servicios ambientales que presta la vegetación, resultando en la estabilización paulatina del sistema ambiental	Restauración forestal y de suelos	1	4	2	2	8	4	1	4	4	2	**41**

Tabla V. 15. Impactos en fauna terrestre

ETAPA	ASPECTO AMBIENTAL PRECURSOR DEL IMPACTO	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 246.12 ha, de las cuales el 35.31 (86.89 has)% son pastizales inducidos; 40.75% (102.82 has) son vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural, el 16.20% (39.87 has)vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino y 7.75 % (19.06 has) sin vegetación.	Fa-01	Disminución de la cobertura vegetal, que resulta en la reducción de alimentos disponibles y cobertura necesaria para la reproducción de las especies de mamíferos, generando la pérdida parcial de la conectividad en los procesos biológicos, modificando el intercambio y migración de las especies de fauna silvestre	Desmonte	-1	2	4	2	8	4	1	1	2	4	**-36**
	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 246.12 ha, de las cuales el 35.31 (86.89 has)% son pastizales inducidos; 40.75% (102.82 has) son vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural, el 16.20% (39.87 has)vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino y 7.75 % (19.06 has) sin vegetación.	Fa-02	Destrucción de nidos (avifauna) y madrigueras (mamíferos y reptiles), que resulta en la pérdida de crías y desplazamiento de individuos de fauna terrestre.	Desmonte	-1	4	1	2	4	2	1	1	2	4	**-30**
	Por el retiro del suelo y acciones deficientes para ahuyentar o rescatar las especies de vida silvestre (fauna terrestre), deterioro del hábitat para poblaciones de lento desplazamiento o aquellas que comparten el espacio con el hombre.	Fa-03	Destrucción de madrigueras y pérdida de individuos de lento desplazamiento, entre otros reptiles protegidos por las normas o tratados	Despalme, acarreo y apilamiento del suelo	-1	4	1	4	4	2	1	4	2	2	**-33**
Operación y mantenimiento	Contacto de individuos de fauna (aves y pequeños mamíferos) con soluciones del proceso.	Fa-04	Pérdida de individuos de avifauna, pequeños mamífero y reptiles, por el contacto o ingestión con las soluciones de proceso contenidas en las piletas.	Manejo de soluciones de proceso	-1	4	2	1	4	2	1	4	2	2	**-32**
Desmantelamiento y ababndono	Por la modificación de taludes y colocación de rocas de gran tamaño, se mejora el hábitat para la fauna terrestre (pequeños mamíferos y reptiles)	Fa-05	Generación de condiciones adecuadas para la reproducción de la fauna terrestre, resultando en el regreso de los individuos de mamíferos y reptiles.	Estabilización física del terreno	1	2	1	2	4	4	1	1	4	2	**26**
	Por reforestaciones, incremento de la superficie cubierta con vegetación nativa que pueda colonizar y revertir el desplazamiento de la frontera vegetal, con asociaciones propias del sistema ambiental.	Fa-06	Por el establecimiento de recursos vegetales, creación de espacios para alimentación y reproducción de la fauna terrestre, resultando en la recolonización del sitio	Restauración forestal y de suelos	1	4	2	2	4	4	1	1	4	4	**36**

Tabla V. 16. Impactos socioeconómicos

ETAPA	ID IMPACTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	ACTIVIDAD ASOCIADA AL IMPACTO	(+/-)	(In)	Ex	Mm	Pr	Rv	Sn	Ac	Po	Rc	MIIA
Preparación del sitio	De-01	Cambios en las oportunidades de empleo	Empleo	1	1	4	4	4	1	1	1	4	1	**27**
	De-02	Cambio en las rentas públicas locales y estatles.	Empleo	-0	1	4	4	4	4	1	1	4	1	**0**
Construcción	De-01	Cambios en las oportunidades de empleo	Empleo	1	4	4	4	4	4	1	1	4	1	**39**
	De-02	Cambio en las rentas públicas locales y estatles.	Empleo	1	1	4	2	4	1	3	1	4	1	**27**
Operación y mantenimiento	De-01	Cambios en las oportunidades de empleo	Empleo	1	8	4	4	4	1	1	1	4	1	**48**
	De-02	Cambio en las rentas públicas locales y estatles.	Empleo	1	8	4	4	4	1	2	1	4	1	**49**
Desmantelamiento y ababndono	De-01	Cambios en las oportunidades de empleo	Empleo	-1	2	4	4	4	2	2	1	4	4	**-35**

5.1.2.5. Análisis de los impactos ambientales evaluados

En la tabla de concentrados de impactos ambientales, anterior contiene un resumen de los valores obtenidos en el ejercicio de evaluar los impactos ambientales, considerando la metodología denominada “Matriz de importancia del Impacto Ambiental”, aplicada para el fin. Al analizar el cuadro, se observa que ocurrirán 159 interacciones (positivas o negativas), que tienen el potencial para cambiar las características de los elementos del sistema ambiental, tal como se observa en la tabla siguiente:

Tabla V. 17. Interacciones esperadas

Etapa/elemento	Agua Subterránea	Agua Superficial	Aire	Fauna	Geomorfología	Ruido	Suelo	Vegetación y flora	Total, general
Preparación del sitio	1.0	6.0	6.0	3.0	1.0	3.0	6.0	6.0	32.0
Construcción	4.0	11.0	14.0		4.0	8.0	3.0	6.0	50.0
Construcción - Operación	6.0	3.0	5.0		5.0	3.0	3.0	2.0	27.0
Operación y mantenimiento	4.0	2.0	5.0	1.0	2.0	2.0	5.0	1.0	22.0
Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	5.0	5.0	4.0	2.0	2.0	2.0	7.0	1.0	28.0
Total, general	**20.0**	**27.0**	**34.0**	**6.0**	**14.0**	**18.0**	**24.0**	**16.0**	**159.0**

Sin embargo, como se comentó, del universo de impactos ambientales incluye positivos y compatibles con el ambiente, por ello es necesario desglosar su importancia y signo. Para facilitar la interpretación, se construyó el siguiente cuadro, en el que se observan los impactos ambientales diferenciados por: elemento; comportamiento esperado (positivo o negativo); negativos compatibles; negativos moderados y negativos severos:

Tabla V. 18. Resumen de impactos ambientales evaluados

Elemento	Total impactos	Positivos	Negativos	Negativos		
				Compatibles	Moderados	Severos
Aire	34	1	33	22	11	0
Ruido	18	0	18	10	8	0
Geomorfología	14	3	11	3	8	0
Suelos	24	5	19	8	9	2
Agua superficial	27	4	23	11	11	1
Agua Subterránea	20	5	15	3	11	1
Vegetación y Flora	16	2	14	4	9	1
Fauna	6	2	4	0	4	0
SUBTOTAL	**159**	**22**	**137**	**61**	**71**	**5**
TOTALES	**159**	**159**		**137**		

Como se observa en el cuadro anterior, **de las 159** interrelaciones entre los componentes del proyecto y los elementos del sistema ambiental presentes en el **SAR**, **137 resultan negativas** y de ellas **61 compatibles** con el ambiente, **71 se esperaría impactos negativos moderados** y **5 severos**; estos últimos, de desarrollarse afectarían a los suelos, el agua subterránea y la vegetación.

Por otro lado, de las **159 interacciones entre las actividades pretendidas y el ambiente,** podrán generarse por la interacción de **61 agentes de cambio** y los elementos naturales del sitio seleccionado para el desarrollo del Proyecto **"Cerro del Gallo**". Estos elementos de cambio, se refieren a los impactos ambientales descritos en el apartado de identificación y descripción de los impactos ambientales. Debe destacarse que, **de los impactos positivos**, ***solo se evaluaron aquellos cuyo peso en el mejoramiento del sistema ambiental o de un elemento en particular es definitorio***, ya que de otra manera se sobreestimaría la restauración del sitio antes y durante la fase de cierre.

Al observar la distribución por elemento del sistema ambiental el comportamiento es el siguiente:

1. La **Atmósfera**, representada por el Aire; sería receptora del mayor número de cambios (**34**); de los cuales **33 se comportarán de manera negativa**, es decir pueden incidir en el deterioro del recurso, sin embargo, **22 de los impactos negativos** son compatibles con el ambiente y **11 moderados**, no se tiene por resultado **el desarrollo de impactos negativos severos**.

2. El ruido, **aunque no es un elemento del sistema ambiental**, sí se transfiere utilizando a diversos elementos (principalmente la atmósfera), por ello de manera indirecta su comportamiento puede afectar a la fauna terrestre. Para ése componente se identificaron **18 impactos, todos negativos**; de ellos **10 se consideran compatibles** con el ambiente y **8 negativos moderados**. Debe destacarse que **no se evaluaron efectos por la atenuación del elemento**

durante el cierre y abandono de la concesión, pues los estudios científicos demuestran que no es un requisito para que la fauna terrestre regrese a los sitios ocupados por la mina.

3. La geomorfología, como parte de los elementos físicos, será receptora de **14 impactos ambientales**, 11 de ellos negativos. De éstos últimos, **8 se consideran moderados** y el resto (**3**) compatibles con el ambiente; dentro de los moderados, ***3 impactos se consideran residuales*** ya que se relacionan con elevaciones y depresiones que prevalecerán después del cierre.

4. El suelo, será uno de los dos elementos **con el mayor número de impactos severos (2)**; los niveles de éstos están por debajo de la importancia de los negativos severos esperados para el agua superficial; en total se espera el desarrollo de **24 impactos ambientales**, **5 de ellos positivos** y el resto (**19**) negativos; **8 de los negativos** se consideran compatibles con el ambiente; **9 impactos** negativos **se consideran moderados** y **2 impactos ambientales negativos "severos"**. Un aspecto que da ventaja a éste elemento para restaurarlo o compensarlo; es que se encuentra disponible en superficie y su estado es sólido, por ello en el peor de los casos puede retirarse y tratarse exsitu.

5. El agua superficial, a pesar de ser un elemento escaso en el sitio del proyecto, **en virtud de no encontrarse cerca de cuerpos de agua permanente**; considerando la temporada de lluvias y los cauces, puede ser receptora de **27 interacciones de impacto ambiental**; **4 de ellas positivas** y se presentarán principalmente en el cierre y abandono de la concesión; **23 impactos ambientales negativos**, de los cuales **11 se consideran compatibles con el ambiente**; **11 impactos ambientales negativos se consideran moderados** y **1 severo**; éste último relacionado directamente con la reactividad del mineral gastado y posterior al abandono. **Debe señalarse que no se incluyeron aquellos efectos negativos, que pueden producirse por el desarrollo de**

eventos inherentes al riesgo ambiental, pues éstos corresponden a peligros que, para desarrollarse, es necesaria la presencia de eventos extraordinarios.

6. El agua subterránea en el sitio del proyecto, puede afirmarse que es el elemento **que mayor daño pudiese recibir por el proyecto propuesto**; mas **no porque sea un acuífero vulnerable**; ya que los estudios demuestran lo contrario, el agua subterránea se encuentra naturalmente bien protegida (*Ver Capítulo IV*); más bien la exposición se relaciona directamente con la escasez, ya que el acuífero "**Cuenca Alta del Rio La Laja**", se encuentra sobreexplotado de acuerdo con los estudios realizados al respecto por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015) y ello fuerza a la severidad en la evaluación del impacto ambiental. El elemento será receptor de **20** cambios o impactos ambientales, de los cuales **5 son positivos** y el resto **(15) negativos**. De los negativos, **solo 3 son compatibles con el ambiente**; mientras que **11 se consideran moderados**; los de menor valor y mayor importancia (-50 y -44) se relacionan por la probabilidad de generación de ácidos de los residuos mineros, posterior al cierre y por la desestabilización del sistema de lixiviación; 1 impacto se evaluó como Severo, ello debido, **precisamente al aprovechamiento del agua subterránea durante la operación.**

7. La vegetación y flora, recibirá **16 impactos ambientales**, **2 de ellos positivos**, de los **14 negativos** restantes, **4 son compatibles** con el ambiente; **9 impactos ambientales negativos** se consideran **moderados** y **1 impacto ambiental negativo, severo**; el último, **obviamente relacionado** con el **desmonte que se debe realizar**, previo al cambio de uso del suelo en áreas forestales.

8. Por último, la fauna terrestre se espera **reciba 6 impactos ambientales**, de éstos **2 positivos** y los **4 restantes se consideran moderados**, relacionados en la

pérdida del hábitat, la pérdida de individuos por destrucción de madrigueras o sitios de anidación y/o por envenenamiento con las soluciones del proceso.

Al observar los **61 agentes de cambio identificados**, **17** de ellos no presentan interacciones negativas con los elementos del sistema ambiental, por lo cual, **44 acciones generarán 137 interacciones que tienen la capacidad de modificar el ambiente de manera negativa**; es decir impactos ambientales negativos. De la vista de los valores de los impactos ambientales negativos presentados en el cuadro anterior, en relación con el número de interacciones capaces de generar cambios en los elementos se tiene lo siguiente:

1. **61 interacciones** que generarán impactos negativos con calificaciones **iguales o mayores** a (**-25**) puntos, que, por definición, **son irrelevantes** y **compatibles con el ambiente**;

2. **71 interrelaciones** que generarán impactos negativos a los elementos naturales, con calificaciones entre (**-26**) y (**-50**) puntos que **se consideran moderados**, pero que pueden **requerir la aplicación medidas preventivas o de mitigación**, ya sea por cumplimiento normativo, o bien porque la **Persistencia** (tiempo que, teóricamente, permanecería el efecto a partir de su aparición) es mayor a un año.

3. **5 Interrelaciones** generarán **impactos ambientales negativos severos**; éstos deben de ser prioritarios en cuanto a la propuesta y aplicación de medidas de prevención, mitigación y/o compensación; de hecho, **es importante que se manejen bajo un Plan** enfocado a la administración ambiental de los elementos receptores.

4. La evaluación indica **que no se presentarán impactos ambientales significativos o relevantes** en los términos del **REIA**.

5. Se observa la presencia de **impactos acumulativos y sinérgicos**; los primeros relacionados con la vegetación y flora; suelo y aire; los segundos inherentes al manejo de sustancias reactivas (**CN^-**) y la probable generación de efluentes derivados de reacciones en residuos con sulfuros.

Aunque **no se espera la presencia de impactos ambientales significativos o relevantes** de conformidad con la definición contenida en el **RLGEEPAMEIA** "*aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales*" **los 5 impactos ambientales negativos severos**, se encuentran regulados por las **NOM-155-SEMARNAT-2007**, que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata y la **NOM-157-SEMARNAT-2009**, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, y corresponden a los motivos por los cuales se emiten ambas normas (caracterización y manejo de residuos y estabilidad del sistema de beneficio). En el cuadro siguiente se presenta un análisis **por cada impacto ambiental negativo severo**, interacciones del impacto, indicador y los resultados de la evaluación, resaltando los niveles de importancia de acuerdo al método.

Tabla V. 19. Concentrado de impactos ambientales negativos

Indicador/ Elemento	Etapa	Actividad	Aspecto	Impacto	ID Impacto	Valor
Indicador: Calidad del hábitat (vegetación y Flora)	Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	En el SAR, por la eliminación de vegetación natural e inducida en el sitio del proyecto, modificación de las relaciones dinámicas entre los elementos abióticos, animales y microorganismos, resultando en la disminución de espacios que brinden servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, incluyendo la pérdida de hábitat las especies adaptadas a zonas con disturbios.	Vf-01	**-59**
Indicador: Calidad del agua subterránea	Operación y mantenimiento	Operación de la infraestructura hidráulica (pozos).	Presión adicional al acuífero "acuífero Cuenda alta del río Laja" que actualmente mantiene un déficit de 59.3 Mm3 anuales.	En el SAR, presión adicional al acuífero, resultando en el incremento del déficit; en el sitio, contaminación del agua subterránea debido al decremento en el nivel freático por la extracción para el proyecto, resultando en el incremento de sales disueltas y el deterioro de la calidad requerida en otros pozos	Hs-09	**-56**
Indicador: Calidad de los Suelos	Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos.	Su-06	**-54**
Indicador: Calidad de los Suelos	Preparación del sitio	Desmonte	Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino.	Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el SAR y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos.	Su-01	**-53**
Indicador: Calidad del agua superficial	Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	Monitoreo posterior al abandono	Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate.	Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides.	Ap-05	**-51**

El Cuadro anterior no indica con claridad, **que el impacto de mayor valor**, se esperaría en la etapa de preparación del sitio, **asociado a la remoción de la vegetación por el desmonte**, requerido para desarrollar el resto de las fases de esa etapa. Si bien como se explicará posteriormente, las asociaciones vegetales pudieran considerarse con grados de perturbación importantes por las actividades a que ha sido sujeto el **SAR**, adicionalmente no se cuenta con bosques primarios, sino que las especies insertas en la zona de impacto y en el **SAR**, se han desarrollado a raíz de los disturbios formando pastizales inducidos y manchones de vegetación leñosa con un grado de desarrollo secundario y la especie de flora listada en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** (*Dasylirion acrotiche*) se distribuye ampliamente en el **SAR**; el hecho de la remoción de la vegetación, disminuye los servicios ambientales que actualmente presta en el contexto del **SAR**.

En ese mismo sentido, es importante analizar los **impactos ambientales negativos esperados** y la etapa en que se desarrollarán, para ello se construyó el siguiente cuadro.

Tabla V. 20. Resumen de los impactos ambientales negativos

Impactos negativos	Preparación del sitio	Construcción	Construcción - operación	Operación	Desmantelamiento y abandono	Total
Compatibles	15	33	3	6	4	61
Moderados	15	17	24	12	3	71
Severos	**2**	**0**	**0**	**1**	**2**	5
TOTAL	**32**	**50**	**27**	**19**	**9**	**137**

Como se observa en el cuadro resumen, **la relación causa-efecto**, entre los elementos naturales y los efectos esperados por los agentes de cambio que se presentarán por el desarrollo del proyecto, nos indica que **2 de los 5 impactos severos, se pueden presentar en la etapa de Preparación del sitio**, ocasionados por la pérdida de la vegetación y el incremento de la tasa de erosión en el **SAR**; en la etapa de **Desmantelamiento y abandono de las instalaciones**, igualmente se esperaría el desarrollo de **2 impactos Severos**, ello sería ocasionado por la caracterización de los residuos equívoca y la ausencia de un **Plan Detallado de Cierre de Mina**, en donde, desde el inicio de las operaciones, se implemente un **Plan de Manejo de los Residuos**

Mineros acompañado de procedimientos y verificación; durante la **Operación y mantenimiento**, se evaluó **1 impacto Severo**, relacionado con el aprovechamiento del agua en el Acuífero Las Lajas; que se encuentra sobreexplotado.

En las etapas, la evaluación tiende a la normalidad, pues se observa un pico **de los impactos ambientales moderados en la etapa de construcción operación**, en la cual se construye y opera la infraestructura con mayor requerimiento de recursos naturales; químicos; etc., ya que se construye y opera **el tajo, la tepetatera y la plataforma de lixiviación**.

5.1.2.6. Análisis de los impactos ambientales negativos severos

Para éste tipo de impactos es relevante conocer el elemento del sistema ambiental en al que afectará; las causas y consecuencias esperadas y la etapa del proyecto en que se desarrolle. Considerando los elementos del sistema, los resultados de la evaluación indican que se comportarán de la manera siguiente:

1. El elemento **vegetación y flora**, de acuerdo a la evaluación, será el elemento recurso receptor del impacto **con mayor importancia**; considerado como **Severo** alcanzando una puntuación de (**-59**); se identificó como "**Vf-01**"; por su desarrollo, **afectará a la vegetación y flora del sitio, durante el desmonte**; se describió como "*En el SAR, por la eliminación de vegetación natural e inducida en el sitio del proyecto, modificación de las relaciones dinámicas entre los elementos abióticos, animales y microorganismos, resultando en la disminución de espacios que brinden servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, incluyendo la pérdida de hábitat la especies adaptadas a zonas con disturbios*". **La pérdida de la vegetación en sí misma no puede constituir un impacto negativo de importancia alta**, pues no se encuentra presente **ni relictos de la vegetación primaria**, por ello el aspecto se definió como "*Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino*". El

valor alcanzado (**-59**), se debe precisamente a que, **aún sin un valor ambiental determinante**, la vegetación presta servicios indispensables a los recursos asociados que se encuentran en proceso de deterioro; como ejemplo el suelo, al encontrarse los sistemas radiculares inmersos en los horizontes superiores, evitan en parte la pérdida por erosión; a la fauna le presta alimento y refugio, condiciones necesarias para la reproducción, etc. El impacto, se calificó con una **Intensidad** de (**8**) "**Muy Alto**" pues en la perspectiva de **SAR**, incrementaría la erosión del suelo se incrementaría de **22.3 t/ha/año a 27.6 t/ha/año**, es decir un incremento de casi el 24%; **aclarando que la estimación se realizó sin contemplar medidas de prevención y mitigación**; no obstante, aun con esa tasa cae dentro del rango de Moderada. Es un **impacto acumulativo**, ya que, de acuerdo al **diagnóstico ambiental**, a la fecha existen presiones sobre la vegetación, por las actividades antropogénica, por lo cual **se calificó con 4** en ese rubro.

2. El segundo impacto ambiental negativo, de acuerdo a la **Importancia del Impacto Ambiental**, puede desarrollarse en el elemento "**Agua subterránea**", derivado de la sobreexplotación del acuífero "**Cuenca Alta del Río Laja**"; actualmente mantiene un déficit de **59.316301 Mm^3**, y el proyecto (sin considerar la adquisición de concesiones), incrementaría el déficit en **1.4 Mm^3**, lo que equivale a al 2.38%. Adicionalmente, durante la operación, la relación de recarga contra extracción, puede bajar el nivel estático y contaminar el agua con sales formadas en la pared inferior del acuífero. El impacto se identificó como **Hs-09** y se describió bajo la siguiente expresión "*En el SAR, presión adicional al acuífero, resultando en el incremento del déficit; en el sitio, contaminación del agua subterránea debido al decremento en el nivel freático por la extracción para el proyecto, resultando en el incremento de sales disueltas y el deterioro de la calidad requerida en otros pozos*", el aspecto ambiental involucrado se refiere precisamente a "*Presión adicional al acuífero Cuenda alta del río Laja que actualmente mantiene un déficit de 59.3 Mm^3 anuales*" y se evaluó con una importancia de (**-56**), resultante de la intensidad calificada como **Muy Alta** con un valor de **8**, ese valor se entiende en

el análisis del **SAR**, donde el recurso es escaso; adicionalmente una **Persistencia duradera**, pues sin el agua, el proyecto no puede desarrollarse y adicionalmente es un **impacto acumulativo**, pues en el **SAR**, existen diversos aprovechamientos de aguas subterráneas.

3. El tercer y cuarto **impacto negativo severos**, se identificó su incidencia en el recurso suelo; el primero de ello se identificó como **Su-06** y se describió bajo la expresión "*Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos*", que puede ser originado por el aspecto "*Por una inadecuada caracterización y manejo de los residuos, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate*" el valor resultante corresponde a (**-54**); la intensidad se calificó como **Muy Alta** ya que se presentaría en la etapa de **desmantelamiento y abandono de las instalaciones**, ya sea en la etapa de monitoreo posterior al mismo, en donde se evalúan las medidas de restauración; en ese momento, **los drenajes del patio ya se liberaron** y **la tepetatera se cubrió**, por lo que los efluentes ácidos y metales intrínsecos de la lixiviación generada por éstos, correría libremente por el suelo, sin que forzosamente exista un evento de precipitación, ya que si bien el agua del montón formado en la plataforma de lixiviación, se extrae al máximo, la intrínseca en el mineral, se libera de manera paulatina y hasta en tanto no se formen sistemas radiculares extensos que permitan estructurar el suelo, la infiltración se dará en el mineral gastado y el tepetate, reteniéndose y liberándose paulatinamente con metales y un pH bajo. El segundo aspecto que influye en el valor es el **Momento**, pues calificado con **8** por considerarse un "**Impacto Latente (posterior al cierre, pero no en momento crítico)**" pues si los sulfuros son de lenta descomposición y en volúmenes capaces de generar efluentes y **no se detectan en las caracterizaciones** que se incluyan el "**Plan de Manejo de Residuos**" entonces sí se puede presentar posterior al cierre. El mineral fue caracterizado de manera previa por métodos estáticos y bajo condiciones no óptimas resultando reactivo y

pruebas realizadas a muestras de tepetate lo descartarían como peligrosos por reactividad y toxicidad, sin embargo**, también las pruebas realizadas al tepetate, no constituyen un estudio geoquímico** y es relevante la certeza a través de muestreo representativos que contemplen la cinética del residuo; para éste mismo recurso se identificó el impacto **Su-01**, cuya descripción es "*Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el SAR y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos*", que se desprende del aspecto "*Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino*"; se espera su desarrollo en la **etapa de preparación del sitio**, relacionado con el **desmonte**. Visto de manera local, el impacto tendría un nivel de importancia alto, pero si se analiza en el **SAR**, su importancia incrementa, ello debido al incremento de la erosión del suelo de **22.3 t/ha/año a 27.6 t/ha/año**, es decir un incremento de casi el 24%; **aclarando que la estimación se realizó sin contemplar medidas de prevención y mitigación**; no obstante, aun con esa tasa cae dentro del rango de Moderada. El valor matricial del impacto resultó en (**-53**) pues la Intensidad se calificó con (8) **Muy alta**, correspondiendo así a la tasa en el incremento de la erosión; igualmente se evaluó como **Acumulativo**, ya que los procesos de erosión en el **SAR** se encuentran presentes, sin importar que, en el **diagnóstico ambiental**, acertadamente se identifiquen como Moderados.

La **hidrología superficial**, analizada desde el punto de vista de la importancia del impacto, considerando **la calidad esperada durante la ejecución del proyecto y el cierre**, es el elemento natural con mayor susceptibilidad de ser modificado negativamente por la inserción del proyecto. El número de **impactos ambientales negativos moderados es el mayor** (11) y **1 impacto negativo Severo** que alcanza el **un valor matricial** o **mayor valor en importancia** de (**-51**) identificado como "**Ap-05**"

que se describe como "*Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides*" y el aspecto ambiental que lo genera corresponde a "*Por una inadecuada caracterización y/o un manejo inadecuado de las estructuras para disposición de residuos mineros, generación de efluentes ácidos por la descomposición de sulfuros metálicos en el mineral y tepetate*". El valor alcanzado se debe a dos elementos de la evaluación los que aportan el valor: La intensidad que se calificó como "**Muy Alto**" ya que se presentaría en la etapa de **desmantelamiento y abandono de las instalaciones**, ya sea en la etapa de monitoreo posterior al mismo, en donde se evalúan las medidas de restauración; como se comentó para suelos, en ese momento, **los drenajes del patio ya se liberaron** y **la tepetatera se cubrió**, por lo que los efluentes ácidos y metales intrínsecos de la lixiviación generada por éstos, correría libremente por el suelo y cauces, sin que forzosamente exista un evento de precipitación, ya que si bien el agua del montón formado en la plataforma de lixiviación, se extrae al máximo, la intrínseca en el mineral, se libera de manera paulatina, y hasta en tanto no se formen sistemas radiculares extensos que permitan estructurar el suelo, la infiltración se dará en el mineral gastado y el tepetate, reteniéndose y liberándose paulatinamente con metales y un pH bajo. El segundo aspecto que influye en el valor es el **Momento**, pues calificado con 8 por considerarse un "**Impacto Latente (posterior al cierre, pero no en momento crítico)**" pues si los sulfuros son de lenta descomposición y en volúmenes capaces de generar efluentes y **no se detectan en las caracterizaciones** que se incluyan el "**Plan de Manejo de Residuos**" entonces sí se puede presentar posterior al cierre. El mineral fue caracterizado de manera previa por métodos estáticos y bajo condiciones no óptimas resultando reactivo y pruebas realizadas a muestras de tepetate lo descartarían como peligrosos por reactividad y toxicidad, sin embargo**, también las pruebas realizadas al tepetate, no constituyen un estudio geoquímico** y es relevante la certeza a través de muestreo representativos que contemplen la cinética del residuo. Este mismo impacto resulto con valores de **-56** en la etapa de construcción y operación, diferenciándose precisamente por el **Momento**, ya que en esa etapa no debe considerarse latente, pues se cuenta con los elementos

para revertir los efectos o bien mitigarlos; **el impacto se consideró Muy sinérgico con un valor de 4**.

5.1.2.7. Análisis de los impactos ambientales negativos moderados

La **Matriz de Importancia del Impacto Ambiental**, indica que pueden presentarse **71 impactos ambientales Moderados**, entendido a éstos *como aquellos que requieren de la adopción de medidas de prevención o mitigación en virtud de encontrase regulados o bien, aunque su importancia los ubica como detonantes de cambios*, por su desarrollo, los elementos naturales puedan sufrir daños, si se considera que aportarán cambios negativos que pueden llegar a obstruir los esfuerzos de mitigación, conservación y restauración, que se realicen durante la operación y abandono del sitio.

En los siguientes apartados se describen de manera general los impactos ambientales moderados, siguiendo el orden de la descripción de los elementos en el **Capítulo IV**.

5.1.2.7.1. Impactos a la calidad del aire

La calidad del aire puede ser modificada por el desarrollo de **11 impactos ambientales moderados**, los impactos identificados como **Ai-01** y **Ai-05**; descritos con las expresiones "*Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión que incluyen Compuestos y Gases de Efecto Invernadero*" y "*Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO_2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM_{10}, PM_5 y $PM_{2.5}$*" respectivamente, se desarrollarán por el uso de combustibles fósiles en la etapa de: **construcción** por la actividad denominada **Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas**; resultó moderado, en razón de que se requiere un número importante de equipos para realizar dicha actividad; en la etapa de **Construcción - Operación**, se relaciona con el uso de equipos para el acarreo del mineral y tepetate y durante la operación y mantenimiento, se desarrollará por las actividades de **Operación del área de generación** y **Operación de la planta de recuperación**. Para todos los casos el impacto se considera **Acumulativo**, ya que, en el **SAR**, existen fuentes de generación de **GEI**, en particular **CO_2** por la descomposición del carbono orgánico de los sitios dedicados a

la agricultura; **Gas Metano**, por la ganadería extensiva principalmente y gases nitrogenados generados por el uso de fertilizantes.

Los impactos descritos como "*Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables PM_{10}, PM_5 y $PM_{2.5}$.*" con nomenclatura **Ai-02**, **Ai-03** descrito como "*Contaminación del aire por la emisión de polvos conformados por materiales particulados principalmente visibles y fracciones respirables PM_{10}, PM_5 y $PM_{2.5}$*" y **Ai-04** que se citó como "*Contaminación del aire por la emisión ostensibles de partículas visibles y fracciones respirables PM_{10}, PM_5 y $PM_{2.5}$, emisión de partículas fraccionadas mayores a 2.5 cm, resultando en posibles daños a la salud*" se esperan en las etapas de **construcción**; **construcción** y **operación**; **operación y mantenimiento; y desmantelamiento y abandono de las instalaciones**. Su origen tiene que ver con aspectos ambientales inherentes a la emisión de polvos con partículas de diferentes tamaños que se generarán por los movimientos de tierras, acarreo, voladuras, operación de circuitos del proceso, etc. El impacto se identificó y evaluó resultando negativo moderado para la etapa de **construcción**, en la actividad inherente al *despalme, acarreo y apilamiento del suelo; así mismo* **durante la construcción** en la actividad descrita como "*Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas*"; **durante la construcción - operación** se identificó en las actividades de "*Minado del tajo; Carga, acarreo del mineral y tepetate; Conformación de la tepetatera y Acomodo de mineral en camas*"; para la etapa de **operación y mantenimiento**, se espera por la *Operación de la planta de trituración y aglomeración*, siendo éste el de mayor valor dentro de los moderados para emisiones de partículas; por ultimo en el la etapa de **Desmantelamiento y abandono de las instalaciones**, se vincula a la emisión de partículas en la actividad de "*Estabilización física del terreno*". Estos impactos en su mayoría se consideran **Acumulativos**, ya sea por las etapas del proyecto o por los polvos que actualmente se generan en el **SAR**.

5.1.2.7.2. Impactos por incremento de ruido

El incremento en los actuales niveles de ruido en el sitio del proyecto, resultará en impactos ambientales negativos moderados que **repercutirán exclusivamente en la fauna silvestre** que habita en el sitio.

Se espera el desarrollo de **8 eventos** en la categoría de **impactos ambientales negativos moderados**, generados por el ruido; el de mayor importancia por su menor calificación se identificó como **Ru-01** descrito en la matriz "*Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna adaptadas a las actividades antropogénicas actuales*"; se espera el desarrollo en 4 etapas del proyecto (**Preparación del sitio**; **Construcción; Construcción-operación y Operación y mantenimiento**), en todos los casos por el aspecto "*Generación de ruido por el movimiento de personal y funcionamiento del equipo durante el desarrollo de la actividad*"; la importancia de éste impacto alcanza la mayor importancia en la actividad *Operación de la planta de trituración y aglomeración* durante la operación.

El impacto identificado como **Ru-02** "*Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en el deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos*", se relaciona con el ruido de las voladuras para el descapote y minado respectivamente y asociado al aspecto "*Por las voladuras, generación de ruido con distribución temporal definida como: inestable; fluctuante (impulsivo) y periódico; y, por su espectro, considerados de banda angosta; no continuos (energía controlada) y tono rojo (NMX-AA-040-1976)*". La importancia del impacto alcanzó **-40 para el descapote** y **-36 para el minado del tajo**, la diferencia se centra principalmente en que las primeras voladuras serán el detonante en el desplazamiento de las poblaciones y, ya para el minado, **el impacto no debe acrecentarse de manera importante**; es decir por los efectos del ruido en el descapote, **se inicia la persistencia del impacto la cual concluye con el término del minado**; en cuanto a la probabilidad de que ocurra el impacto, en el descapote es **Seguro**, pues si

bien la fauna está acostumbrada a el ruido ya que, por las actividades antropogénicas actuales, la fauna silvestre que habita en el sitio se ha acostumbrado a niveles provenientes de maquinaria pesada y actividades relativas a la explotación de minerales no metálicos en las minas cercanas al proyecto (Vitromex), incrementos abruptos generarán estrés y el desplazamiento.

En diversos estudios el **INECC** aborda el tema del efecto del ruido en la vida silvestre, solo para mencionar un caso en el documento "**Posibles impactos de la construcción y operación del muro fronterizo sobre la fauna**" menciona "*El efecto del ruido sobre la fauna puede ocasionar estrés y generar efectos metabólicos, hormonales, y en la conducta*", por otra parte los estándares internacionales y publicaciones científicas, vinculan el ruido con la salud humana y al igual que el **INECC**, relacionan el incremento de ruido en el ambiente, con estrés que resulta en la migración y cambio en hábitos.

5.1.2.7.3. Impactos por cambios geomorfólogicos del sitio

Se espera el desarrollo de **8 impactos Moderados**, derivados de los **cambios geomorfológicos** del sitio, en razón de las excavaciones y construcción de elevaciones; así mismo se relacionan con **impactos por la falla de las estructuras**, enseguida se mencionan los considerados como moderados.

El impacto identificado como **Ge-01**, descrito "*Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)*" **se identificó en 6 actividades**, siendo éstas:

- *Despalme, acarreo y apilamiento del suelo*
- *Descapote del tajo (manejo de explosivos)*
- *Descapote del tajo (manejo de explosivos)*

- *Construcción de la base del patios y piletas.*
- *Minado del tajo*
- *Conformación de la tepetatera*
- *Acomodo de mineral en camas*

El minado del tajo, la conformación de la tepetatera y el acomodo de mineral en camas alcanzaron los valor mínimo **-44**, **-44** y **-50** respectivamente y por consecuencia la mayor importancia en éste elemento; las particularidades de éste impacto, **es que se considera residual**, ya que los cambios en la geoforma no podrán revertirse al estado original, ni acercarse a ese nivel. Como se observará en el **Capítulo VI** siguiente, **se buscará que la residualidad del impacto beneficie al sistema ambiental** y a los nuevos dueños de los terrenos, creando reservorios para el manejo de la vida silvestre en condiciones con mayor ventaja que las actuales.

El segundo **impacto ambiental negativo moderado** para geomorfología, se presentará en las etapas de **construcción-operación** y **operación-mantenimiento**. Corresponde al identificado como "**Ge-03**" descrito en la matriz "*Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o practicas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna)*. Se relaciona con la presencia se sismos que generen para el sitio **aceleraciones del terreno muy superiores a 0.08g** y desestabilicen la infraestructura. Es un impacto improbable sin embargo su integración en la matriz tiene como fin que se generen los procedimientos de respuesta a emergencias por sismo, ya que el sitio se localiza en una zona penesísmica y existe la posibilidad de eventos sísmicos. Una fortaleza importante del proyecto, son los estudios

sísmicos y geotécnicos realizados previo al diseño de ingeniería del patio y la tepetatera, donde se observa una buena calidad de roca en cimentaciones.

5.1.2.7.4. Impactos calidad del suelo

Los impactos al suelo considerados como **negativos moderados** identificados y evaluados corresponden a **9 eventos de cambio**. De ellos el de menor valor o mayor importancia es el identificado como **Su-02** y descrito "*Pérdida del suelo natural por excavación y retiro; cambios en sus propiedades fisicoquímicas por disposición ex-situ*". La importancia de éste impacto es que debe considerarse residual, ya que la pérdida del suelo y su posterior acomodo, incide en las características fisicoquímicas del recurso, que si bien, el sustrato sigue siendo apto para sustentar vegetación, pasará un tiempo no determinado en el que se puedan consolidar las interrelaciones que dan origen a los ciclos biológicos y químicos, indispensables para la salud del **SA**. El impacto se presentará en la preparación del sitio, durante las actividades inherentes a *Despalme, acarreo y apilamiento del suelo y Excavación, nivelación y compactación*.

El impacto identificado como "**Su-07**" y descrito "*Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente*"; se presentará en la etapa **de Construcción-operación** y está relacionado con la vecindad entre el patio y la tepetatera; se establece que puede producirse durante la actividad de *Conformación de la tepetatera*, ya que por sus características es la estructura que puede fallar si el análisis de estabilidad no consideró todos los elementos; la falla de la tepetatera puede ocasionar la falla del patio y la salida de soluciones que contaminen el suelo. El impacto **se considera sinérgico** por la presencia de soluciones de CN; así mismo tiene una intensidad **Alta**.

El impacto identificado como **Su-08** y descrito "*Contaminación química del suelo por la liberación de soluciones del proceso, debido a una operación deficiente*" puede desarrollarse en la etapa de operación y mantenimiento durante las actividades "*Manejo de soluciones de proceso y Operación de la planta de recuperación*" proviene del aspecto

"*Por un mantenimiento deficiente o desapego a los diseños de ingeniería, falla en bombas, ocasionando derrames de soluciones ácidas y/o cianuradas*", que a su vez lo liga a errores principalmente en la operación o bien una construcción sin los controles necesarios para asegurar la calidad. Es un **impacto Sinérgico** y con importancia alta.

El impacto identificado como **Su-14** y descrito "*Incremento de erosión y contaminación del suelo por cambio en la geoforma que resulta en el desplazamiento/deslizamiento de la superficie*" puede presentarse posterior al cierre ya que el aspecto que lo genera se denominó "*Por un inadecuado ángulo de talud que asegure la estabilidad a largo plazo, falla en las estructuras residuales (depresión del tajo, montículo de la tepetatera y montículo del patio)*"; la importancia del impacto se la otorga el **Momento**, ya que cuando se desmantela y retira el equipo, la dificultad para revertir la acción es alta, adicionalmente una falla en estructuras forzosamente conlleva el incremento de erosión y la afectación parcial de la vegetación repuesta durante la reforestación.

5.1.2.7.5. Impactos hidrología superficial

Los **impactos negativos moderados** que se identificaron y evaluaron e incidirán sobre el agua superficial que transcurre **solo en temporada húmeda** en el área proyecto, suman un total de 11.

En éste grupo, el de menor valor y mayor relevancia, es el identificado como "**Ap-01**" descrito "*En cauces intermitentes; contaminación del agua superficial que transcurre en época de lluvias, con sólidos suspendidos provenientes de suelo y roca, incrementando la turbiedad que resulta en la modificación de la cantidad de oxigeno disponible"*; alcanza una calificación de **-46**, durante la actividad descrita en la matriz como "**Despalme, acarreo y apilamiento del suelo"**; se calificó con una **Intensidad** de 8 (**Muy Alto**), ya que está demostrado un arrastre de sólidos ostensible ante cualquier evento de precipitación; la turbiedad del agua llega a tener relaciones mayores al 10% de sólidos sedimentables, por lo que azolva los cauces y meandros de las corrientes. Este impacto ambiental negativo moderado, igualmente alcanza valores altos en las actividades de

Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas (-45), **Excavación, nivelación y compactación** (-34), **Construcción de la base de la tepetatera** y **Descapote del tajo, los dos últimos con** (-35). El impacto se **consideró Acumulativo**.

El impacto identificado como "**Ap-02**" se presentará por el desarrollo de 4 actividades; consiste en el "*Incremento en la velocidad de escurrimiento, modificación de la geometría de los cauces, resultando en contaminación con sólidos inorgánicos y orgánicos por erosión de las márgenes*" y el menor valor o **mayor importancia** resultó para la "**Conformación de la tepetatera**" con (-42); se calificó con una intensidad **Alta** (4) ya que el cambio en la geoforma debe protegerse con canales de desvío, que derivan las aguas a puntos específicos incrementando la velocidad por el aumento del caudal; igualmente se presentará durante las actividades relativas a, **Despalme, acarreo y apilamiento del suelo** con (-28) y **Construcción de la base de la tepetatera** con (-33).

El impacto identificado como "**Ap-05**" consistente en "*Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides*", se discutió ampliamente en los **impactos negativos severos**, para éste caso se presentará en las actividades de **Conformación de la tepetatera** (-44) y **Minado del tajo** con (-32), la diferencia entre éstos, es que el tajo no permite de manera natural la salida del agua a los cauces y facilita enormemente la aplicación de medidas preventivas y en el peor de los casos el tratamiento mediante método pasivos (fosas de neutralización y sedimentación). El **impacto se considera Sinérgico**.

5.1.2.7.6. Impactos hidrología subterránea

De realizarse el proyecto, el agua subterránea podrá ser la receptora de **11 impactos ambientales negativos moderados**, se desprenden del mismo aspecto ambiental que los identificados y valorados para el agua superficial, pero la importancia difiere en virtud de las características particulares del recurso.

A diferencia del agua superficial, la subterránea se encuentra presente de manera permanente en el proyecto, en un **acuífero sin disponibilidad para nuevas concesiones** y la **calidad del agua subterránea es buena** ya que los muestreos y análisis realizados durante la línea base resultaron en agua cuyos parámetros la identifican con baja dureza, un pH adecuado, concentraciones de metales y metaloides dentro de LMP, etc.

En el sitio del proyecto, el acuífero **no es vulnerable**, de acuerdo a los estudio que al respecto realizó la Promovente contenido como anexo en el Capítulo II del MIA-R que nos ocupa, dichos estudios se realizaron de acuerdo con lo indicado por el **Anexo Normativo 2 de la NOM-141-SEMARNAT-2003**, tal y como lo indica la **NOM-155-SEMARNAT-2007** estableciendo la vulnerabilidad, por el resultado de la expresión **V_{Aq}= (G) (O) (D)** (SEMARNAT, 2004) y adicionalmente se realizó el análisis de vulnerabilidad por el método **DRASTIC**, que incluye el estudio de **7 parámetros** (**4 más que el GOD**) que se encuentra Anexo en el **Estudio de Riesgo**.

Bajo ese contexto, la descripción de los dos impactos ambientales severos se describe, considerando el medio donde pudiesen desarrollarse.

El impacto que arrojó el mayor nivel de importancia dentro de los Moderados, se Identifica en la **Matriz de Importancia del Impacto Ambiental** con la nomenclatura **Hs-15**, descrito como "*Un manejo incorrecto de residuos dispuestos en la tepetatera y plataforma; y la ausencia (durante la operación) de un plan detallado de cierre de mina, resulta en acciones de restauración equívocas que provocan la contaminación química del agua subterránea, por la infiltración de lixiviados ácidos y metales, generados por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie*" arrojó un valor de **-50**; para la etapa de **desmantelamiento y abandono de las instalaciones**, ya sea en la etapa de monitoreo posterior al mismo, en donde se monitorea la efectividad de las medidas de restauración; en ese momento, los drenajes del patio ya se liberaron y la tepetatera se cubrió, por lo que los efluentes ácidos y

metales intrínsecos de la lixiviación generada por éstos, correría libremente por el suelo y acumulándose para infiltrarse al agua subterránea, contaminándola con metales y metaloides y acidificándola. Al igual que en el agua superficial, el segundo aspecto que influye en el valor es el **Momento**, pues calificado con **8** por considerarse un "**Impacto Latente (posterior al cierre, pero no en momento crítico)**" pues si los sulfuros son de lenta descomposición y en volúmenes capaces de generar efluentes y no se detectan en las caracterizaciones que se incluyan el "**Plan de Manejo de Residuos**"; es un impacto **Muy sinérgico** y aunque la vulnerabilidad del acuífero es mínima, si no se atiende a través de medidas de prevención, legaría a dañar el recurso.

Impactos similares identificados como **Hs-04**, cuya descripción del impacto señala "*Por fallas catastróficas en la mina, el agua meteórica y oxígeno, aceleran la descomposición de sulfuros, resultando en la infiltración al acuífero de agua ácida que a su vez lixivia metales y metaloides*" y **Hs-06** "*Por un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y/o prácticas operativas incorrectas, descomposición de sulfuros en el tepetate que resultan en la infiltración y contaminación química del agua subterránea, (agua ácida que lixivie metales y metaloides"*, resultaron con valores altos; **(-44)** para la actividad **Conformación de la tepetatera** y se desprende del aspecto ambiental denominado "*Por un incorrecto diseño de la tepetatera (no considerar las características del residuo), practicas deficientes en el manejo del agua de contacto, que resulte en la acumulación de ésta en el depósito de tepetate, generando efluentes ácidos por la descomposición de los sulfuros metálicos presentes*", el impacto similar pero con menor intensidad **(-32**), puede presentarse también en la actividad **Minado del tajo**, aunque el aspecto ambiental es distinto "*Por estabilidad en el diseño propuesto para el tajo, ante la presencia de sismos, fallas de taludes que resulte en el deslizamiento de las paredes y sus áreas contiguas, cuya corrección no sea realizable en corto tiempo*".

Otro impacto identificado con **importancia moderada**, se refiere a "*Las excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos, resultan en el cambio de permeabilidad del suelo y la infiltración, repercutiendo negativamente en la recarga del acuífero",* se

identificó como "**Hs-01**" y su importancia radica en el déficit entre recarga y aprovechamiento del agua, que presenta el acuífero Cuenca Alta del Rio La Laja; se espera para las actividades *Excavación, nivelación y compactación; Construcción de la base de la tepetatera y, Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas*.

Otro impacto negativo moderado que puede presentarse es el identificado como "**Hs-05** *Por una operación deficiente, contaminación química del agua subterránea, por la infiltración soluciones del proceso*", su origen es la vecindad entre la tepetatera y el patio de lixiviación ya que proviene del aspecto "*Por una pendiente superior a la recomendada en los diseños de ingeniería, falla en los taludes de las estructuras contiguas (tepetatera y plataforma de lixiviación) que obstaculicen la operación y/o liberen sustancias peligrosas*" sus características fueron discutidas y su relevancia la determina la **intensidad** y la **sinergia**

5.1.2.7.7. Impactos vegetación y flora terrestre

Los impactos ambientales negativos moderados para la vegetación (incluyendo flora) se desprenden de las mismas actividades que el señalado como **severo**; se originan **del desmonte** como su descripción lo indica:

- Disminución de poblaciones conformadas por individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listada en tratados internacionales.

- Por perdida de recursos adicionales, alteración de las superficies cubiertas con vegetación y pérdida de individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales.

Como nota relevante se comenta que, **para el medio biológico debido a las múltiples interrelaciones donde participa entre los elementos que lo conforman y los del**

medio físico, el definir la alteración de las interrelaciones y la importancia de su significado es una tarea compleja, más tratándose de un sitio inserto en una zona de estudio con diferentes tendencias de deterioro, donde el lugar seleccionado para el proyecto es el de menor calidad en razón de los usos actuales (agrícola y ganadero) pero que existen zonas en la parte alta del área, que por su topografía no son susceptibles de aprovechamiento y por consecuencia el grado de conservación debe considerarse "**bueno**"; en ese contexto se analizan los impactos ambientales del elemento descrito en el **Capítulo IV** como vegetación y flora, que incluye las características, grado de conservación y los efectos negativos por el proyecto hacia las **asociaciones vegetales** que prosperan en el área de estudio, incluyendo el sitio del proyecto y el análisis de la importancia ambiental de las **especies de flora,** que en su conjunto conforman las asociaciones vegetales. Si bien es obvia la interdependencia de la vegetación con la geología, suelo, topografía y clima del sitio y a su vez define en gran medida la fauna terrestre que habita el sitio, su disgregación y análisis corresponde a las características particulares del papel que desempeña en el sitio, sobre todo como elemento regulador de los ciclos biogeoquímicos que a su vez definen en gran parte la calidad y cantidad de los servicios ambientales que provee.

Mediante el método aplicado para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se identificaron **9 interacciones** negativas **que dan origen a impactos ambientales moderados**, éstos se describen a continuación.

Considerando la importancia, el impacto hacia el elemento natural en comento, alcanzó un valor de **-49** puntos, se presentará por el desmonte en la etapa de preparación del sitio y se identificó como **FI-02** "*En el SAR, disminución de poblaciones conformadas por individuos de flora de lento crecimiento o con algún estado de protección jurídicamente vinculante o listadas en tratados internacionales*", derivado de mismo aspecto ambiental que el anterior. El alto valor se relaciona con la presencia de individuos correspondientes al **pastizal con vegetación de Matorral**, que si bien solo integra entre sus elementos **1 especie de flora incluida en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010**, sí se

conforma por especies de lento crecimiento y algunas de difícil reproducción. En cuanto a los valores, la intensidad se consideró en **4** (Alta) y la Persistencia "**Duradero**". Nuevamente el impacto mantiene un nivel de importancia a pesar del estado de conservación del sitio; aunque la pérdida de individuos de flora no impactará el sistema ambiental, ya que existen áreas con un estado de conservación aceptable y las especies que se perderán son relativamente comunes, el hecho de perder fuentes de germoplasma de especies de difícil reproducción y/o lento crecimiento, es un impacto que debe mitigarse, más aún cuando se encuentra regulado por Normas Oficiales Mexicanas, entre otras la **NOM-155-SEMARNAT-2007**.

5.1.2.7.8. Impactos fauna terrestre

Para la fauna terrestre se incluyó el análisis de las características y la importancia de los individuos que conforman las poblaciones. En análisis, se realizó igualmente en función del hábitat, considerando que éste **puede o no verse afectado por el proyecto**, en razón de los hábitos alimenticios, reproductivos, la estacionalidad y como factor preponderante la capacidad y factibilidad de migración y adaptación.

Otro aspecto que se consideró, es el daño directo hacia individuos de grupos específicos, considerando la vulnerabilidad de éstos frente a las actividades del proyecto. Es éste sentido existe la posibilidad de causar daño a especies de lento desplazamiento durante la construcción, sin embargo ello puede prevenirse mediante un programa de rescate asertivo; la mayor vulnerabilidad observada en la evaluación de impactos, **se relaciona con el grupo de integra las aves**, ya que la ausencia de cuerpos de agua permanentes cercanos, puede provocar que los individuos del grupo asuman las piletas de soluciones como proveedores de agua y por la presencia de soluciones cianuradas los daño llegarían a ocasionar la muerte.

Los impactos ambientales **moderados** identificados para la fauna terrestre, se discuten a continuación:

- El impacto **Fa-01**, descrito como “Disminución de la cobertura vegetal, que resulta en la reducción de alimentos disponibles y cobertura necesaria para la reproducción de las especies de mamíferos, generando la pérdida parcial de la conectividad en los procesos biológicos, modificando el intercambio y migración de las especies de fauna silvestre”, puede presentarse en la etapa de **Preparación del sitio** por la actividad del **desmonte** ya que su origen se encuentra en el aspecto ambiental “Remoción total y semipermanente de la vegetación en aproximadamente 207.15 ha, de las cuales el 87.36% son pastizales inducidos; el 10.57% vegetación secundaria arbustiva del pastizal natural y el 15.73% vegetación secundaria arbustiva del bosque de encino”; el valor matricial alcanzado es de (**-36**), resultado de una **Persistencia Duradera**, pues dentro del **SAR**, existen extensiones importantes de tierras fragmentadas. En esa misma etapa y por la misma acción, se espera el desarrollo del impacto identificado como **Fa-02** cuya descripción corresponde a “Destrucción de nidos (avifauna) y madrigueras (mamíferos y reptiles), que resulta en la pérdida de crías y desplazamiento de individuos de fauna terrestre”; alcanzó un valor matricial de **-30** debido a su intensidad **Alta**.

- El impacto **Fa-03**, puede presentarse durante la **Preparación del sitio**, pero en la actividad señalada como **Despalme, acarreo y apilamiento del suelo**; su descripción es “*Destrucción de madrigueras y pérdida de individuos de lento desplazamiento, entre otros reptiles protegidos por las normas o tratados*” es un impacto con intensidad **Alta** y **Acumulativo**, por ello el valor de importancia ascendió a **-33**.

El impacto, **Fa-05** se relaciona con “*Pérdida de individuos de avifauna, pequeños mamífero y reptiles, por el contacto o ingestión con las soluciones de proceso contenidas en las piletas*”, proviene de la parte de la actividad mencionada como “*Contacto de individuos de fauna (aves y pequeños mamíferos) con soluciones del proceso*”.

5.2. Conclusiones

Por lo anteriormente descrito se concluye:

1. Considerando las características de los elementos naturales presentes en el sitio y relacionándolos con las obras y actividades pretendidas, **no resultaron impactos ambientales significativos o relevantes**, ello derivado de las condiciones actuales del lugar y los diseños de ingeniería realizados con base en dichas condiciones.

2. Los **5 impactos ambientales negativos**, considerados como **Severos**, tiene en común que son **acumulativos y/o sinérgicos**, mas no residuales. La **Severidad** de éstos impactos la otorgan atributos relacionados al **Momento**, la **Persistencia**, la **Acumulación** y la **Sinergia**.

3. Los impactos residuales identificados, son **5**; tres de ellos por la permanencia de los **depósitos de residuos** (mineral gastado y tepetate) y el **tajo**; la residualidad afecta a la **geoforma** quien a su vez es la responsable de la velocidad de los escurrimientos y por consecuencia los procesos de erosión; los **dos** restantes, tienen que ver con la pérdida de suelo por el retiro y la compactación del mismo debido a la construcción de las obras.

4. Los **impactos moderados** resultantes de la evaluación, **corresponden al sitio y la naturaleza del proyecto**, todos ellos deben mitigarse o bien compensarse con medidas que eleven la calidad de los elementos del sistema ambiental, con interés particular en la vida silvestre y los suelos.

5. La evaluación de los impactos para el **Sistema de Lixiviación**, es concordante con los regulados por la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, de hecho, en su mayoría se identificaron y evaluaron considerando

la caracterización del sitio y la determinación de la magnitud de riesgos físicos y criterios de proyecto del patio.

6. La evaluación de los impactos, **arroja la necesidad de implementar planes de manejo adicionales a los regulados por las Normas Oficiales Mexicanas**, en particular para la vegetación residual y el suelo.

7. Se considera **que la importancia del impacto ambiental resultante**, no pone en riesgo la calidad del sistema ambiental, **no supera la capacidad de carga en cuanto a los elementos que se integrarán en los procesos** (agua y mineral) **ni pondrá en riesgo la permanencia de los elementos receptores de los impactos ambientales negativos**.

Los **beneficios económicos y sociales hacia la población del municipio son relevantes**, sin embargo, deben acompañarse con la protección de los recursos naturales y la restauración de los daños que la mina provoque.

CAPÍTULO VI

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

CONTENIDO

6. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 1
6.1. Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental 1
6.2. Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) 2
6.2.1. Objetivos generales del PVA 2
6.2.2. Objetivos particulares del PVA 2
6.2.3. Metas y alcances del PVA 3
6.2.4. Responsables de la ejecución del PVA 4
6.2.4.1. Responsabilidades del organismo promotor 4
6.2.4.2. Responsabilidades de las empresas contratistas 5
6.3. Seguimiento y control del PVA 6
6.3.1. Reportes de seguimiento del PVA 9
6.4. Programas específicos. 12
6.4.1. Programa de Manejo de Flora y Fauna (PMFF) 12
6.4.1.1. Objetivo general 12
6.4.1.2. Objetivo especifico 12
6.4.1.3. Metas 13
6.4.1.4. Metodología 14
6.4.1.4.1. Capacitación al personal 14
6.4.1.4.2. Señalización 15
6.4.1.4.3. Equipo y herramienta 15
6.4.1.5. Acciones para el rescate y reubicación de la flora 16
6.4.1.5.1. Extracción de plantas 16
6.4.1.5.2. Cicatrización 16
6.4.1.5.3. Traslado de plantas y maniobras 17
6.4.1.5.4. Plantación 17
6.4.1.5.5. Densidad de especies a reubicar 19

6.4.1.6. Acciones para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna .. 19
6.4.1.6.1. Metodología para el ahuyentamiento, rescate y reubicación 20
6.4.1.6.2. Delimitación del área por afectar 21
6.4.1.6.3. Recorridos de identificación 21
6.4.1.6.4. Acciones para el ahuyentamiento 22
6.4.1.6.5. Métodos de rescate 22
6.4.1.6.6. Traslado 23
6.4.1.6.7. Liberación 23
6.4.1.6.8. Técnicas de captura de mamíferos 24
6.4.1.6.9. Trampas de acero y resorte 25
6.4.1.6.10. Trampas caja 25
6.4.1.6.11. Técnicas para la captura de herpetofauna 25
6.4.1.7. Personal técnico responsable de la ejecución del programa 26
6.4.1.8. Descripción de especies de flora de interés para su rescate y reubicación 27
6.4.1.9. Registro en bitácora 29
6.4.1.10. Área para el rescate y reubicación de la flora y fauna 29
6.4.1.11. Cronograma de actividades 32
6.4.1.12. Evaluación 34
6.4.1.13. Seguimiento y control 34
6.4.1.14. Reglamento Interno para la protección de la Flora y Fauna Silvestre .. 35
6.4.2. Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera y Ruido (PCEAR) 46
6.4.2.1. Objetivo general 46
6.4.2.2. Objetivo específicos 47
6.4.2.3. Acciones y medidas 47
6.4.2.3.1. Preparación del sitio y construcción 47
6.4.2.3.2. Construcción-Operación 49
6.4.2.3.3. Control de emisiones de gases de efecto invernadero 52
6.4.2.3.4. Control de emisiones de gases de efecto invernadero 54
6.4.2.3.5. Emisiones de gases del proceso 55
6.4.2.3.6. Monitoreo de Partículas Sólidas (PM10) 57

6.4.2.3.6.1. Criterios para ubicación de los puntos de monitoreo 59
6.4.3. Programa de Monitoreo del ruido 64
6.4.3.1. Metodología de la Medición: 65
6.4.3.2. Evaluación de la Calidad del Ruido Ambiental 66
6.4.3.3. Fuentes de afectación de los niveles de ruido ambiental 66
6.4.3.4. Ubicación de los puntos de monitoreo 66
6.4.3.5. Parámetros de control 67
6.4.3.6. Frecuencia y duración 67
6.4.4. Programa de Conservación y Retención de Suelos (PCRS) 67
6.4.4.1. Objetivos 68
6.4.4.1.1. Objetivo General 68
6.4.4.1.2. Objetivo Específicos 68
6.4.4.2. Descripción de las obras. 69
6.4.4.2.1. Presas filtrantes de piedra acomodada. 69
6.4.4.2.1.1. Diseño. 70
6.4.4.2.1.2. Cimentación o empotramiento. 70
6.4.4.2.1.3. Formación de la presa. 71
6.4.4.2.1.4. Diseño del vertedor 71
6.4.4.2.1.5. Construcción del delantal 72
6.4.4.2.1.6. Propuesta técnica 72
6.4.4.2.2. Presas gaviones. 72
6.4.4.2.2.1. Consideraciones para el diseño de la presa de gaviones 74
6.4.4.2.2.2. Propuesta técnica de la presa de gaviones 75
6.4.4.2.3. Presas geocostales. 75
6.4.4.2.3.1. Elementos de diseño 76
6.4.4.2.3.2. Localización de cárcavas 77
6.4.4.2.3.3. Medición de las cárcavas 77
6.4.4.2.3.4. Construcción de zanja para el empotramiento de la presa 77
6.4.4.2.3.5. Construcción de la presa 77
6.4.4.2.3.6. Propuesta técnica de las presas de geocostales 79
6.4.4.2.4. Fosas de sedimentación (Tinas ciegas). 79

6.4.4.2.5. Ubicación de las obras de conservación de suelos 80
6.4.5. Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del agua superficial y subterránea (PIMVASS) 84
6.4.5.1. Infiltraciones al acuífero y aguas superficiales 90
6.4.5.1.1. Fugas y derrames de proceso 91
6.4.5.1.2. Probabilidad de generar drenaje ácido de roca y/o se lixivien metales 93
6.4.5.2. Plan de monitoreo y vigilancia del agua superficial y subterránea 96
6.4.5.2.1. Objetivos 96
6.4.5.2.2. Muestreo 96
6.4.5.2.3. Parámetros 97
6.4.5.2.4. Punto de Muestreo 102
6.4.5.2.5. Cronograma de Muestreo 103
6.4.6. Programa de Prevención y Atención a Derrames (PPAD) 104
6.4.6.1. Medidas Preventivas 104
6.4.6.2. Actividades a realizar para la reducción de riesgos 104
6.4.6.2.1. Mantenimiento e inspección de las instalaciones 105
6.4.6.2.2. Capacitación del personal de la mina 106
6.4.6.2.3. Capacitación a la brigada de rescate 107
6.4.6.3. Programa de simulacros 109
6.4.6.4. Plan para la prevención y control de emergencias y derrames y otras contingencias 111
6.4.6.5. Bases y criterios del Plan 112
6.4.6.6. Programa de protección 113
6.4.6.7. Procedimientos específicos para la respuesta a posibles eventos de riesgo identificados dentro de las instalaciones 114
6.4.7. Programa de Reforestación (PR) 115
6.4.7.1. Objetivos 115
6.4.7.2. Proceso de Planeación de la Reforestación 115
6.4.7.3. Selección del sitio a reforestar 116
6.4.7.4. Criterios a Considerar en el sitio a forestar 116

6.4.7.5. Elección de las especies a reforestar 117
6.4.7.6. Densidad y arreglo de la reforestación 117
6.4.7.7. Densidad de la reforestación 118
6.4.7.8. Reforestación en tres bolillos 118
6.4.7.9. Maniobras de reforestación 119
6.4.7.9.1. Embalaje y transporte 119
6.4.7.9.2. Selección de plantas 119
6.4.7.9.3. Las raíces no deben presentar enrollamientos ni deformaciones ... 120
6.4.7.9.4. Procedencia de las plantas 120
6.4.7.10. Técnica y establecimiento de la plantación 121
6.4.7.11. Temporada de la reforestación 122
6.4.7.12. Seguimiento de la reforestación 122
6.4.7.12.1. Control de maleza 123
6.4.7.12.2. Fertilización 123
6.4.7.12.3. Reposición de planta muerta 123
6.4.7.12.4. Monitoreo de plagas y enfermedades 123
6.4.7.12.5. Rehabilitación de brechas cortafuego 123
6.4.7.13. Cronogramas de actividades 124
6.4.8. Programa de Cierre y Abandono (PCA) 125
6.4.8.1. Principio del cierre de operaciones 125
6.4.8.2. Movimiento de tierras 126
6.4.8.3. Control de erosión 127
6.4.8.4. Revegetación 128
6.4.8.5. Monitoreo 129
6.4.8.6. Alcances del plan de cierre 130
6.4.8.7. Estabilidad del sitio 131
6.4.8.7.1. Estabilidad física 132
6.4.8.7.2. Estabilidad química 132
6.4.8.7.3. Estabilidad social 133
6.4.8.7.4. Estabilidad biológica 133
6.4.8.8. Descripción del plan de cierre de la mina 134

6.4.8.8.1. Metodología de elaboración de las actividades de cierre propuestas 134
6.4.8.9. Etapas del proyecto y cierre 135
6.4.9. Programa de Capacitación y Educación Ambiental (PCEA) 136
6.4.9.1. Actividades 137
6.4.9.2. Diseño e impartición de talleres y cursos de capacitación ambiental. 137
6.4.9.3. Diseño y colocación de señalamientos y carteles ambientales 138
6.5. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas 140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VII. 1. Esquema de incorporación de acciones al PVA 8
Figura VII. 2. Área donde se reubicará la flora y la fauna rescatada..... 30
Figura VII. 3. Muestreador de aire HIGH VOL PM10 con control de flujo volumétrico .. 62
Figura VII. 4. Diseño de presas filtrantes de piedra acomodada..... 71
Figura VII. 5. Perfil de distribución de las presas filtrantes..... 72
Figura VII. 6. Presas de gaviones 73
Figura VII. 7. Presa de geocostales 76
Figura VII. 8. Diseño de la presa de geocostales con delantal..... 78
Figura VII. 9. Ubicación de los sitios de compensación ambiental..... 84
Figura VII. 10. Áreas de infiltración de agua pluvial 95
Figura VII. 11. Método de muestreo..... 103
Figura VII. 12. Diseño de la reforestación tres bolillos 118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII. 1. Atención de impactos ambientales de acuerdo a los programas ambientales propuestos 1
Tabla VII. 2. Medidas de control, prevención, mitigación y compensación y acciones particulares del PVA en cada una de las etapas del proyecto 11
Tabla VII. 3. Densidad de especies a rescatar de pastizal natural 19
Tabla VII. 4. Densidad de especies a rescatar de bosque encino 19
Tabla VII. 5. Época del año, hora del día, condición ambiental y método de captura para distintos grupos 23
Tabla VII. 6. Condiciones y tiempo de traslado de los individuos rescatados. 23
Tabla VII. 7. Tipo de liberación por grupo taxonómico. 24
Tabla VII. 8. Propuesta de formato de bitácora de manejo de fauna silvestre 29
Tabla VII. 9. Sitio para reubicación de la flora y la fauna rescatada 31
Tabla VII. 10. Cronograma de actividades 33
Tabla VII. 11. Criterios de calidad de los datos de monitoreo 61
Tabla VII. 12. Límites Máximos Permisibles (LMP) 66
Tabla VII. 13. Sitio 1 para compensación ambiental 80
Tabla VII. 14. Sitio 2 para compensación ambiental 81
Tabla VII. 15. Sitio 3 para compensación ambiental 81
Tabla VII. 16. Sitio 4 para compensación ambiental 81
Tabla VII. 17. Sitio 5 para compensación ambiental 81
Tabla VII. 18. Sitio 6 para compensación ambiental 82
Tabla VII. 19. Sitio 7 para compensación ambiental 83
Tabla VII. 20. Sitio 8 para compensación ambiental 83
Tabla VII. 21. Parámetros y métodos de muestreo 102
Tabla VII. 22. Cronograma de monitoreo anual 103
Tabla VII. 23. Tipos de mantenimiento para reducción de riesgos 106
Tabla VII. 24. Temas de capacitación 107
Tabla VII. 25. Programa de capacitación para un año 109
Tabla VII. 26. Programa de simulacros 110

Tabla VII. 27. Cronograma de actividades para el programa de reforestación 124
Tabla VII. 28. Ejemplo del contenido de los talleres para educación y difusión ambiental a impartir 138
Tabla VII. 29. Ejemplo de los señalamientos y carteles ambientales 139

6. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

6.1. Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental

Las acciones implicadas en restaurar un área impactada conllevan un conjunto de medidas de manejo, éstas son aquellas que pueden aplicarse durante las diversas etapas que comprende un proyecto (preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono) y que tienen por objeto prevenir, atenuar o compensar los efectos negativos ocasionados al medio. Dichas acciones de acuerdo a su carácter e importancia en la aplicación, así como a la relación con el impacto, se clasifican según *Weitzenfeld (1996)*, en:

Preventiva (P) *Conjunto de actividades o disposiciones anticipadas, para suprimir o eliminar los impactos negativos que pudieran causarse hacía un determinado recurso o atributo ambiental.*

Mitigación (M) *Conjunto de acciones propuestas para reducir o atenuar los impactos ambientales negativos.*

Compensación (C) *Conjunto de acciones que compensan los impactos ambientales negativos, de ser posible con medidas de restauración o con acciones de la misma naturaleza (p. ej. reforestación, creación de zonas verdes, compensaciones por contaminación, etc.).*

Las acciones, que en su conjunto se denominan medidas de manejo, son aquellas que pueden aplicarse para reducir los impactos negativos ocasionados al medio o a las condiciones ambientales. Se espera que estas medidas logren por lo menos alguno de los siguientes puntos:

- Evitar el impacto por completo, al no realizar cierta actividad o reducir parcialmente la misma.

- Reducir el impacto, limitando el grado o magnitud de la(s) actividad(es) y su realización (para lograrlo se sugiere la implementación de medidas preventivas).

- Rectificar el impacto reparando, rehabilitando o restaurando el medio afectado (para ello se implementan medidas de mitigación).

- Reducir o eliminar el impacto, tras un periodo de tiempo, mediante las tareas de protección y mantenimiento durante la vida del proyecto (al igual que en el punto anterior se sugieren las medidas de mitigación, así como de restauración).

- Compensar el impacto, al remplazar o proporcionar recursos o ambientes sustitutos (en este caso se maneja por medio de medidas compensatorias).

Cabe aclarar que, en la implementación de estas medidas, se debe procurar el orden antes descrito (*Canter, 1999*). De esta forma se pretende asegurar la mínima afectación posible por las acciones del proyecto, así dando preferencia a evitar el impacto, sobre su reducción, rectificación y compensación.

Las medidas (mitigación, compensación y prevención) son acciones de control ambiental, que tienen la finalidad de reducir al mínimo los efectos negativos al ambiente, y permitir la conservación de los componentes del medio natural, para dar continuidad a la integridad del SAR.

Estas medidas se agrupan a través de programas específicos que se integran al **Programa de Vigilancia Ambiental**, para un mejor sistema de supervisión, monitoreo y vigilancia de los impactos ambientales adversos del proyecto.

En el caso particular del sitio del proyecto es una zona modificada ambientalmente por tratarse de terrenos de agostadero (ganadería) con vegetación secundaria de pastizal natural y vegetación secundaria de bosque de encino, donde existe la necesidad de un cambio de uso de suelo de terrenos forestales que amerita una medida compensatoria o un **Programa de manejo de flora y fauna**.

Asimismo, para el impacto relacionado a los cambios geomorfológicos, es un impacto mitigable al final de la vida útil del proyecto y resultó ser significativo (ver Capítulo V), sin embargo, para los demás impactos ambientales se han propuesto medidas de prevención y Programas ambientales como medidas para la atención de los diferentes impactos como a continuación se indica en la siguiente tabla.

Tabla VII. 1. Atención de impactos ambientales de acuerdo a los programas ambientales propuestos

Componente ambiental	Impactos ambientales	PVA	PCER	PIMVASS	PMFF	PCRS	RIPFF	PPAD	PR	PCA
Aire	Calidad del aire									
	Incremento del ruido ambiental									
Suelo	Calidad de suelos									
Morfología y geología	Cambios geomorfológicos									
Aguas superficiales	Calidad del agua superficial									
Aguas subterráneas	Calidad del agua subterránea									
Calidad del hábitat	Vegetación									
	Fauna									
Acciones de educación y capacitación ambiental										

PVA: Programa de Vigilancia Ambiental
PCER: Programa de Control de Emisiones y Ruido
PIMVASS: Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial y Subterránea
PMFF: Programa de Manejo de Flora y Fauna
PCRS: Programa de Conservación y Retención de Suelos
RIPFF: Reglamento Interno de Protección de Flora y Fauna
PPAD: Programa de Prevención y Atención a Derrames
PR: Programa de Reforestación
PCA: Programa de Cierre y Abandono de las Actividades Mineras

Los programas específicos tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto, cualquiera sea su fase de ejecución. Se expresarán en un **Programa de Vigilancia Ambiental** (**PVA**) que deberá considerar, a lo menos, que las medidas de los programas específicos:

- Impidan o eviten completamente el efecto adverso significativo de una obra o acción, o de alguna de sus partes.

- Minimicen o disminuyen el efecto adverso significativo, mediante una adecuada limitación o reducción de la magnitud o duración de la obra o acción, o de alguna de sus partes, o a través de la implementación de medidas específicas.

- Reparación y/o restauración que tiene por finalidad reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas. Dichas medidas se expresarán en Medidas de Reparación y/o Restauración.

- Compensar ambientalmente para producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado. Dichos programas se expresarán en un programa de Medidas de Compensación, el que incluirá el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados, por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad.

- Las medidas de reparación y compensación ambiental sólo se llevarán a cabo en las áreas o lugares en que los efectos adversos significativos que resulten de la ejecución o modificación del proyecto o actividad, se presenten o generen.

Si de la predicción y evaluación del impacto ambiental del proyecto se deducen eventuales situaciones de riesgo al medio ambiente, el titular del proyecto deberá

proponer medidas de prevención de riesgos y de control de accidentes. Las medidas de prevención de riesgos tienen por finalidad evitar que aparezcan efectos desfavorables en la población o en el medio ambiente. Las medidas de control de accidentes tienen por finalidad permitir la intervención eficaz en los sucesos que alteren el desarrollo normal de un proyecto o actividad, en tanto puedan causar daños a la vida, a la salud humana o al medio ambiente.

6.2. Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)

La correcta y oportuna ejecución de estas estrategias de prevención, mitigación y compensación establecidas en los programas específicos y de las acciones particulares señalados en la tabla que antecede, podrán prevenir, mitigar y compensar los impactos que pudiese generar el Proyecto, sin embargo, es necesaria una supervisión constante, primero para la ejecución correcta de cada medida y posteriormente para corregir cualquier eventualidad o contingencia que llegará a presentarse durante o después de la ejecución física del Proyecto.

6.2.1. Objetivos generales del PVA

- Garantizar el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en la MIA-R del Proyecto.

- Presentar a la autoridad los lineamientos técnicos necesarios para que el proyecto **“Cerro del Gallo”**, deberá seguir para ejecutar exitosamente cada medida de prevención, mitigación y compensación propuesta en la Manifestación de Impacto ambiental del Proyecto.

6.2.2. Objetivos particulares del PVA

El presente **Programa de Vigilancia Ambiental** (**PVA**) pretende ser un instrumento de gestión ambiental a través de la atención integral y ordenada de las distintas medidas y actividades de prevención, control y mitigación que fueron propuestas en la MIA-P del Proyecto, de este modo, el **PVA** tiene como objetivos específicos los siguientes:

- No comprometer la biodiversidad.
- No provocar la erosión de los suelos.
- No provocar el deterioro de la calidad del agua ni la disminución en su captación.
- No comprometer la integridad actual de ningún componente ambiental dentro del SAR que envuelve al proyecto.

Elaborar bitácoras que permitan que la ejecución de las medidas preventivas, de mitigación o compensación puedan ser ubicables, medibles y cuantificables, logrando así una mejor comprensión de la efectividad de las medidas y en su caso que estas puedan ser evaluadas por la autoridad correspondiente.

6.2.3. Metas y alcances del PVA

META: Como meta, se ha planteado la correcta ejecución del **PVA**, ello mediante el seguimiento y el control de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, además de la identificación de las áreas de oportunidad, lo que permitirá mejoras en el proceso de ejecución de medidas o cambios en estas.

ALCANCE: El **PVA** tiene como principal alcance la verificación de la implementación de las medidas de prevención, mitigación y compensación planteadas para las distintas etapas del Proyecto, el cual aplica tanto para personal, como a contratistas, considerando su respectiva verificación en tiempo y espacio; es decir, el lugar y momento en el cual se ejecutarán dichas medidas dentro del programa de trabajo, describiendo las metodologías a ser implementadas determinando así la funcionalidad de las mismas y evidenciando la evolución que presenta la calidad del ecosistema en el sitio donde se pretende la realización del proyecto, cuantificando sistemáticamente los efectos ambientales de las obras y actividades del mismo a través de la generación de informes anuales de las acciones realizadas por componente ambiental.

6.2.4. Responsables de la ejecución del PVA

La correcta ejecución del **Programa de Vigilancia Ambiental** será responsabilidad por una parte el organismo promotor es decir Compañía San Antón de la Minas S.A. de C.V. y por otra, las empresas contratistas.

A continuación, se presenta la responsiva correspondiente a cada una de las partes involucradas en el cumplimiento del presente **PVA**.

6.2.4.1. Responsabilidades del organismo promotor

La aplicación del **PVA** será responsabilidad primordialmente de Compañía San Antón de las Minas S.A. de C.V., quien deberá tener como responsables en campo **al menos a un supervisor ambiental** quienes tendrán la obligación y autoridad para tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades que pudieran afectar al ambiente.

Los supervisores deberán tener la capacidad técnica y de autoridad para tomar decisiones en caso de que las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas no funcionen como se ha previsto, o que se detecten impactos que, por su naturaleza, no son perceptibles en etapas anteriores.

Como parte de sus obligaciones, los supervisores ambientales deberán coordinar en cuestión ambiental al personal que participe en las etapas de preparación, construcción y operación del Proyecto, llenar las bitácoras de seguimiento, elaborar informes referentes a observaciones durante y después a la implementación de las medidas para posteriormente compilarlos en un documento final.

Además, los supervisores ambientales serán responsables de ejecutar y dar seguimiento a lo siguiente:

- Ejecución y coordinación del **PVA.**

- Comprobar in situ la ejecución de las medidas correctoras.
- Evitar impactos ambientales no previstos.
- Alertar sobre sucesos excepcionales o situaciones de emergencia ambiental.
- Solicitar a los contratistas el cumplimiento de las medidas ambientales establecidas, así como la aprobación a posibles modificaciones que esas pudieran presentar.
- Elaboración de informes anuales sobre el grado de cumplimiento de cada medida enmarcada en este **PVA**.
- En su caso, determinar nuevas medidas de prevención, mitigación, o compensación en caso de ser necesarias, así como modificación a las ya establecidas en caso de así requerirse.

Resulta imperante mencionar que los supervisores ambientales podrán echar mano del apoyo de la gente encargada del proyecto (contratistas, responsables de obra, entre otros) y que se encuentra la mayor parte del tiempo en el área del proyecto, para que apoyen en el llenado de algunas bitácoras, esto con la intención de que todas las medidas sean seguidas durante todo el tiempo que dure cada etapa del proyecto y no solo durante la presencia de los supervisores ambientales.

6.2.4.2. Responsabilidades de las empresas contratistas

En algunos casos en específico, para dar cumplimiento a alguna de las medidas propuestas será necesario el recurrir a los contratistas, que en su caso tendría las siguientes funciones:

- Supervisar y coordinar la ejecución de las medidas correctoras según lo previsto en este **PVA**.

- Proporcionar a los supervisores ambientales los medios necesarios para el llenado de las bitácoras y en general para dar cumplimiento del **PVA**.

- Mantener constante comunicación y coordinación con los supervisores ambientales.

6.3. Seguimiento y control del PVA

El Gerente o Responsable Ambiental realizará visitas de supervisión, mediante las cuales se verificará el debido cumplimiento de todas y cada uno de los compromisos ambientales de los contratistas y de los programas incluidos dentro del **Programa de Vigilancia Ambiental**. Durante las visitas de inspección se llenarán bitácoras de cumplimiento para dar un seguimiento adecuado a las observaciones.

La **bitácora de registro de inspección diaria de cumplimientos** consiste en un formato donde se llevarán a cabo los registros de cumplimiento de cada medida, conforme se identifiquen durante el recorrido de inspección, por factor e indicador ambiental afectado, anotando las observaciones que correspondan, incluidos los datos de ubicación por coordenadas UTM. Así mismo, se anotará la actividad que generó el incumplimiento. La bitácora de registro de inspección diaria de cumplimientos utilizada en cada visita de inspección será elaborada por el Supervisor Ambiental y/o el personal a su cargo, y será firmada por el Supervisor Ambiental. Se anotará claramente las fechas y número de folio por cada bitácora elaborada diariamente.

El **formato de atención a incumplimientos ambientales** consiste en un registro donde se describe el incumplimiento detectado, la (s) recomendación (es) realizada (s) para corregirlo de manera inmediata, así como un apartado donde el promovente **San Antón de la Minas, S.A de C.V.** o el responsable ambiental de las empresas contratistas y/o subcontratistas firman de enterado y describen la atención y seguimiento que se le dará al respecto para subsanarlo. La **bitácora ambiental** corresponde a un documento donde

se registrarán el o los incumplimientos identificados y registrados, el sitio en que ocurrió y las recomendaciones propuestas por el Supervisor Ambiental para subsanar el incumplimiento. Esta bitácora será elaborada por el personal de inspección y firmada por el promovente **San Antón de la Minas, S.A de C.V** o el responsable ambiental de las empresas constructoras y finalmente por el Supervisor Ambiental.

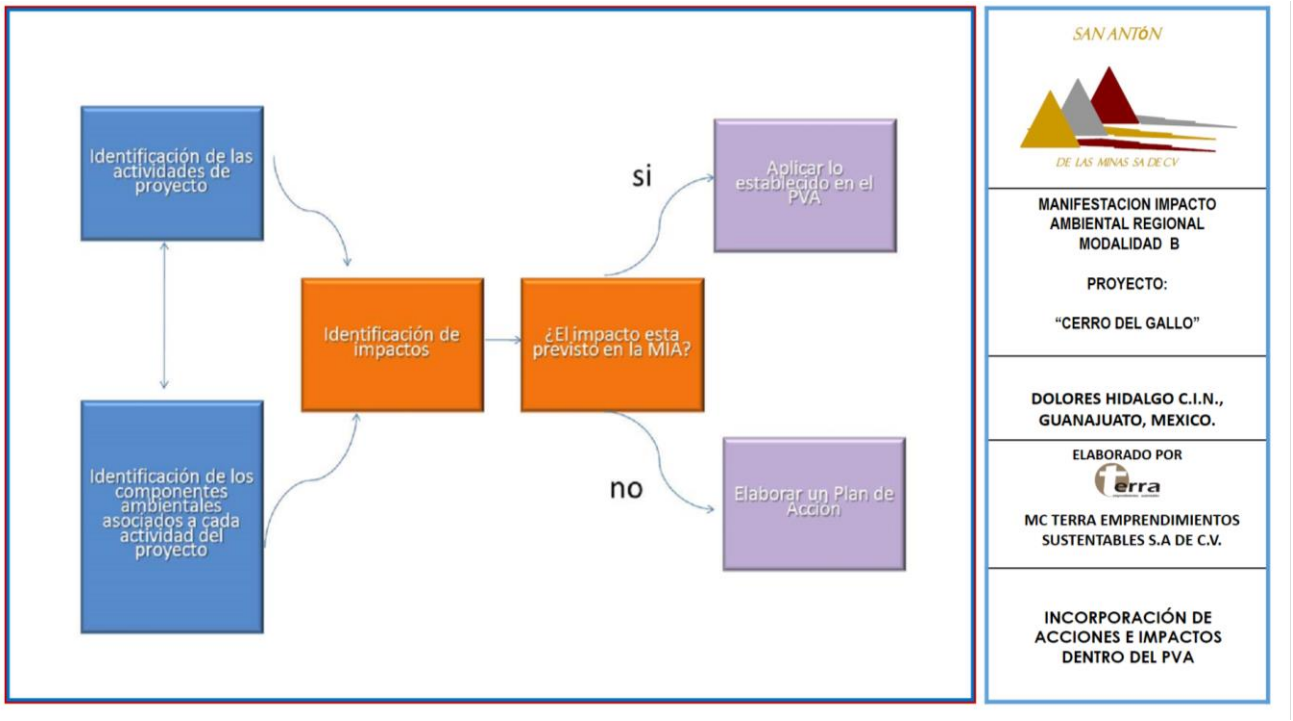
Además, deberá generarse un **Anexo fotográfico de evidencias** que documente a través de imágenes recuperadas en campo en los frentes de trabajo, los cumplimientos e incumplimientos ambientales identificados más relevantes. Este anexo fotográfico deberá elaborarse con una periodicidad mensual.

Con la finalidad de mostrar la correcta ejecución y aplicación de las actividades y medidas de control, prevención y, mitigación, serán éstas evaluadas con uno o más **indicadores de cumplimiento** para cada una de las medidas aplicables en el período de revisión, y estos pueden ser de carácter administrativo (presentación de bitácoras, informes, oficios o manifiestos) o ambiental (cumplimiento de una condición que puede constatarse presencialmente, como la extracción del total de individuos de especies en riesgo o la ausencia de concreto tirado sobre áreas forestales, etc.). En el caso de la resolución de contingencias ambientales que pudieran detectarse durante la inspección, estás deberán siempre resolverse. **Las reincidencias en incumplimiento de medidas de control, prevención y mitigación deberán ser nulas**, de no ser así, deberán ejecutar medidas de restauración y compensación y se revisarán la aplicación de los programas respectivos, incluidos en este **Programa de Vigilancia Ambiental**, con el fin de detectar fallas en su aplicación y así mejorar el cumplimiento de cada medida.

Durante las inspecciones se identificarán todas las actividades del proyecto, así como los componentes ambientales asociados a cada una de ellas. Con base en ello, se identificarán los impactos ambientales, determinando cuáles de ellos se encuentran previstos en la evaluación de impactos e incluidos en el **Programa de Vigilancia**

Ambiental, elaborando un plan de acción en caso de que el impacto no se encuentre previsto dentro de evaluación de impactos, tal y como se muestra en la figura VII.1.

Figura VII. 1. Esquema de incorporación de acciones al PVA



Todos los impactos ambientales no previstos y las desviaciones registradas durante las visitas de supervisión se registrarán y rastrearán a través del tiempo, y se establecerá un plan de acción específico para cada uno de ellos. En el formato se detallará la desviación, el factor ambiental afectado, la actividad que lo generó, y la normatividad aplicable. El Responsable Ambiental analizará la raíz del problema para posteriormente generar un plan de acción que incluya responsables, acciones (actividades) y fechas de conclusión. Aunado a esto deberá verificar y dar seguimiento a las acciones tomadas y aplicadas para mitigar el impacto ambiental identificado. Todas las medidas de mitigación deberán estar documentadas y soportadas con anexos con la finalidad de evidenciar las actividades realizadas.

6.3.1. Reportes de seguimiento del PVA

Elaboración de Informes de seguimiento con las conclusiones de las inspecciones semanales realizadas, y en donde se efectuará una valoración general del grado de avance de las obras y de la aplicación y eficacia de las medidas preventivas y correctoras establecidas en los documentos que rigen la ejecución del proyecto. Con este sistema de documentación se pretende garantizar la disponibilidad de la información requerida en los informes preceptivos a presentar para su análisis, evaluación y en su caso validación a la DGIRA con copia a la Delegación de la PROFEPA en el estado de Guanajuato.

Se elaborarán reportes semestrales o anuales de cumplimiento del **Programa de Vigilancia Ambiental**, según quede ordenado por la autoridad ambiental competente en el resolutivo que se emita como parte de la evaluación y resolución del MIA-P, los cuales deberán contener todas las evidencias de cumplimiento de cada una de las condicionantes y términos del resolutivo de impacto, así como de todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas y de los programas que forman parte de este **Programa de Vigilancia Ambiental**. Resultado de la realización de inspecciones diarias, se generarán documentos que registren las evidencias y su respectivo análisis, los cuáles serán un instrumento para la inspección y evaluación de las autoridades ambientales competentes.

- Bitácora de registro de inspección diaria de cumplimientos [**Diaria**].
- Formato de atención a incumplimientos ambientales [**Evento**].
- Matriz de estrategias para la prevención y mitigación de los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del Proyecto [**Mensual**].
- Registros fotográficos de evidencias [**Mensual**].
- Informe Mensual de ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental [Mensual].

- Informe Anual de Cumplimiento de Términos y Condicionantes de los Oficios Resolutivos. [**Anual**].

Adicionalmente se contarán con bitácoras específicas que serán integradas al Informe Mensual de ejecución del **Programa de Vigilancia Ambiental**, tal como: bitácora de rescate de individuos de flora silvestre (listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y de interés biológico en caso de encontrarse), bitácora de mantenimiento en vivero de especies rescatadas de flora silvestre, bitácora de reubicación de individuos de flora silvestre (listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y de interés biológico, en caso de encontrarse), bitácora de rescate de individuos de fauna silvestre (listadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y de interés biológico, en caso de encontrarse), bitácora de reubicación de individuos de fauna silvestre, bitácoras de riego de caminos y frentes de trabajo, por mencionar algunas de las bitácoras ambientales operativas que estarán bajo la responsabilidad del Supervisor Ambiental.

Tabla VII. 2. Medidas de control, prevención, mitigación y compensación y acciones particulares del PVA en cada una de las etapas del proyecto

Impactos ambientales	PVA	PCER	PIMVASS	PMFF	PCRS	RIPFF	PPAD	PR	PCA
Preparación del sitio									
Construcción									
Operación y mantenimiento									
Cierre y abandono									
Acciones de educación y capacitación ambiental									

PVA: Programa de Vigilancia Ambiental
PCER: Programa de Control de Emisiones y Ruido
PIMVASS: Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial t Subterránea
PMFF: Programa de Manejo de Flora y Fauna
PCRS: Programa de Conservación y Retención de Suelos
RIPFF: Reglamento Interno de Protección de Flora y Fauna
PPAD: Programa de Prevención y Atención a Derrames
PR: Programa de Reforestación
PCA: Programa de Cierre y Abandono de las Actividades Mineras

6.4. Programas específicos.

6.4.1. Programa de Manejo de Flora y Fauna (PMFF)

Implementar un conjunto de acciones tendientes a la protección, conservación y rescate de especies de flora y fauna silvestre que han sido identificadas en la zona del proyecto, con especial énfasis en las especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** y especies y poblaciones prioritarias para la conservación, en caso de encontrarse.

Por otra parte, el presente programa se presente en cumplimiento a lo establecido en el artículo 93, tercer párrafo de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

6.4.1.1. Objetivo general

Implementar un programa de rescate de especies de flora susceptible de reproducirse y reubicarse con la finalidad de compensar la superficie comprometida en el cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales por la implementación del Proyecto "**Cerro del Gallo"**, Propiedad de la **Compañía San Antón de las Minas S. A. de C.V.** en el municipio de Dolores Hidalgo C.I.N., Guanajuato, México.

6.4.1.2. Objetivo especifico

- Rescatar y reubicar todas aquellas especies de flora que por sus características biológicas tienen la capacidad de reproducirse y utilizarse en el trasplante y reubicación con gran éxito en áreas adyacentes a su ubicación original.

- Rescatar y reubicar los ejemplares de las familias de lento crecimiento, susceptibles de reubicarse.

- Acondicionar áreas de almacenamiento y de acondicionamiento de las especies vegetales para su reubicación.

- Capacitar al personal en la extracción, acondicionamiento y plantación de estas especies.

- Reubicar mediante los métodos apropiados aquellos especímenes de reptiles de lento desplazamiento, hacia los sitios de similar condición ambiental y que no se verán perturbados por las acciones del proyecto.

- Asegurar la supervivencia de los individuos y mantenimiento de las especies reubicadas.

- Identificación de ejemplares que podrán proveer semillas que permitan su reproducción y posterior uso en los trabajos de restauración del sitio.

- Definición de las labores de rescate y monitoreo que realizaran con los métodos que garanticen la sobrevivencia del 100% de los ejemplares reubicados o trasplantados.
- Implementar las acciones de ahuyentamiento de las especies de aves, pequeños mamíferos y reptiles durante las acciones de preparación del sitio.

- Implementar acciones de sustentabilidad del proyecto al mantener la biodiversidad de la zona en áreas deficitarias de vegetación nativa.

6.4.1.3. Metas

Para la preparación del programa, las metas se establecieron en torno a los objetivos del programa, así mismo las metas son acciones cuantificables y medibles, que mantienen un sitio específico para su realización y establecen indicadores de desempeño sobre los cuales se determinará el éxito de su ejecución. De manera general las metas consideradas para el presente programa se enlistan a continuación.

- Rescatar el 100% de la población de las especies de Cactáceas presentes en la zona de CUSTF, buscando el 90% de sobrevivencia.

- Reponer el 120% de individuos de flora **que serán derribados** y que se encuentren en el catálogo de especies con categoría de riesgo enmarcadas en la lista de la NOM059-SEMARNAT 2010, buscando la sobrevivencia del 110%, en caso de encontrarse.

- Ahuyentar el 100% de los individuos de las especies de fauna silvestre que se encuentren en el catálogo de especies con categoría de riesgo enmarcadas en la lista de la **NOM-059-SEMARNAT 2010**, en caso de encontrarse.

- Reubicar e 100% de especies de fauna de lento desplazamiento, buscando el 100% de su sobrevivencia, en caso de encontrarse.

6.4.1.4. Metodología

Toda vez que las diferentes acciones de protección, conservación, reubicación, mantenimiento y control que se realizarán tanto previamente al iniciar las obras, como durante la operación del proyecto y en las acciones de restauración final, implican diversos métodos de trabajo, en este apartado se resumen las acciones puntuales y relevantes para lograr los objetivos que se plantean.

6.4.1.4.1. Capacitación al personal

Es una actividad que se desarrollará en la etapa previa al inicio de obras y durante la ejecución del proyecto, que estará dirigida al personal de medio ambiente de la empresa San Antón de las Minas S.A de C.V; mismo que deberá estar involucrado en las actividades de protección, rescate y reubicación de flora y fauna, con el propósito de mantener un nivel de certeza en el éxito de la actividad, que contendrá: identificación de especies, manejo, extracción, tratamiento, confinamiento, trasplante, encallamiento, cuidados de confinamiento y preparación del terreno para el trasplante.

Además durante esta capacitación se discutirán las medidas de seguridad a que deberá sujetarse el personal involucrado, así como las obligaciones ambientales que adquiere y

que serán condición de empleo; entre estas, se encuentra la prohibición de captura o cacería de especies de fauna silvestre y el daño o extracción de especies de flora, adicionalmente la inducción conlleva las restricciones de operación en cuanto a manejo de áreas de operación (límites de afectación), uso y manejo del agua en las actividades, manejo de materiales peligrosos (diésel) y no peligrosos así como capacitación y directrices para el manejo de residuos.

6.4.1.4.2. Señalización

En el sitio del proyecto se instalarán letreros informativos de: protección y prohibitivos sobre la extracción de especies forestales, de cacería de fauna silvestre y de uso de fuego.

6.4.1.4.3. Equipo y herramienta

El equipo necesario requerido para las acciones de manejo de fauna y flora debe ser el necesario y adecuado para esta actividad.

El equipo que deberá utilizarse para el manejo de fauna es diverso y puede incluir trampas Sherman para pequeños mamíferos, trampas Havahar para mamíferos medianos y aves corredoras, guantes, ganchos herpetológicos, pinzas Tongs y costalitos de lona, jaulas transportadoras de distintos tamaños.

Para el caso de la flora se debe contar con contenedores de plástico (rejas), macetas o recipientes plásticos para colocar las plantas, contenedores para agua, herramientas de mano como pico, pala, hacha, motosierra, equipo automotor especializado como retroexcavadora, además de un espacio donde se puedan almacenar de manera provisional los ejemplares que sean extraídos mientras son trasladados a su sitio definitivo.

6.4.1.5. Acciones para el rescate y reubicación de la flora

6.4.1.5.1. Extracción de plantas

Consiste en extraer los individuos con la ayuda de herramientas manuales como pico, palas, barras, o en su caso con el apoyo de maquinaria, procurando siempre que las plantas mantengan el cepellón con la mayor cantidad posible de su sistema radicular evitando los daños en este proceso y además de que conservan los organismos que interactúan con la planta.

Se realiza la extracción de la planta, conservando la mayor cantidad posible de suelo adherido a su sistema radical con lo que se evita lesionarlas, además de que se mantienen los hongos y las bacterias benéficos que contribuyen a la fertilidad del nuevo suelo; para el caso de las cactáceas, en ese momento se coloca una marca de pintura en una de las espinas que apuntan al sur, a fin de conocer su orientación original; esto es muy importante ya que, por su posición, los diferentes lados de las plantas se exponen de manera distinta a los rayos del sol; si esta posición no se mantiene, se pueden exhibir al sol directo sitios que estaban acostumbrados a recibir poca luz, lo que puede llegar a causar quemaduras solares e incluso la muerte de la planta, ya sea directamente o como consecuencia de infecciones por ataques de hongos o bacterias en las zonas quemadas.

6.4.1.5.2. Cicatrización

En esta etapa, algunos de los ejemplares por la poda de raíz generada durante la extracción, es recomendable someterlos a un periodo de cicatrización, que se dará durante el confinamiento, estimado en un periodo variable en función de las condiciones climáticas y la respuesta fisiológica que presenten las especies, el objetivo es permitir la formación de “callos” en las zonas de corte, a fin de disponer de tejidos capaces de diferenciarse en raíces.

Durante este proceso se realizarán tratamientos o cuidados posteriores a la extracción a cada ejemplar, tales como, poda de raíces dañadas, aplicación de fungicidas, entre otros.

6.4.1.5.3. Traslado de plantas y maniobras

Una de las etapas que aseguran el establecimiento de la restauración en el lugar de la reubicación, es el traslado de la planta desde el lugar de confinamiento que se dará en el sitio del vivero, hasta el área de reubicación que se tiene destinada en el proyecto; dicha superficie se denomina Área de protección de recursos naturales, ubicada al norte del sitio del proyecto, la cual fue elegida en función de su estado actual de conservación donde se replican las condiciones ecológicas imperantes en el sitio y además relativamente alejada de los lugares previstos para el desarrollo de obras inherentes a la extracción y beneficio de minerales. El área estará protegida para evitar el pastoreo, que es la actividad de mayor daño a la vegetación en la zona. Esto resulta más económico y viable, la planta sufrirá menos estrés y la actividad es más operativa.

6.4.1.5.4. Plantación

Las plantas extraídas se reubicarán posteriormente al cicatrizado, en condiciones similares a su lugar de extracción.

Como ya se ha señalado, en este caso se destinará una superficie dentro del polígono del proyecto con las condiciones ecológicas apropiadas, donde no se verá afectada a futuro por las obras. En este lugar se ubicarán los ejemplares identificados, lo cual será realizado una vez que se tengan las cepas preparadas. Al colocar la planta sobre la cepa, esta quedará al mismo nivel que tenía en su lugar original, agregando suelo fértil a la cepa y apisonando para eliminar bolsas de aire, dejando un cajete para captación de agua, y así garantizar la sobrevivencia de la planta, dándole el seguimiento durante algún periodo, hasta asegurar el establecimiento.

Una vez plantada la especie vegetal, es conveniente compactar bien el suelo alrededor de la misma y colocar una o varias piedras, a fin de evitar que sea dañada por roedores; los que aprovechan lo blando del suelo para desenterrar las plantas, voltearlas y dañarlas desde la base, burlando así la protección que de manera natural les proporcionan las espinas.

Es necesario considerar un mantenimiento post-reubicación, con la finalidad de asegurar la supervivencia del mayor número posible de ejemplares. Las actividades a realizar pueden incluir riego, deshierbe, fertilización, eliminación de pudriciones y conservación y mantenimiento de la cerca protectora.

Periódicamente debe realizarse evaluaciones de supervivencia. Esta se realiza periódicamente, con el fin de conocer el éxito de las actividades llevadas a cabo. Después de realizarse la extracción, la reubicación y el mantenimiento de las cactáceas, es importante que se realice una evaluación para ver qué tan efectivo fue el método utilizado en cuanto al crecimiento y desarrollo de las cactáceas.

Se monitoreará el estado sanitario de los cactus, registrando aspectos de apariencia general, aparición de marcas de daño o eventuales perdidas de turgencia.

Se realizarán observaciones de:

- Registro de mortalidad y sobrevivencia.
- Coloración.
- Estado fenológico.
- Depredación.
- Parasitismo, entre otras.

Después de cada monitoreo, se anotarán las observaciones en una bitácora de rescate de cactáceas con la finalidad de llevar un control adecuado de la evolución y sobrevivencia de estas. Se dará seguimiento por al menos 5 años hasta que se considere que la planta se ha establecido en el sitio seleccionado, para ello con al menos 80% de sobrevivencia.

En base a los muestreos realizados y una vez realizados los cálculos para el total de la superficie susceptible de ser afectada, se tiene un estimado del número de individuos

por especie a recatar, considerando que del genero Opuntia se seleccionará aproximadamente el 10% del total de individuos, de los cuales se tomaran los mejores cladodios (pencas) para su posterior reproducción.

6.4.1.5.5. Densidad de especies a reubicar

De acuerdo al muestreo en el área propuesta para realizar el proyecto se determinó la existencia en dicho lugar de las siguientes especies identificadas como de lento crecimiento y cuyas densidades se presentan en el siguiente Tabla.

Tabla VII. 3. Densidad de especies a rescatar de pastizal natural

No	Nombre	Nombre Científico	No. de Ind	Ind/ha	%	Ind/Proyecto
1	Nopal camueso	*Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.*	60	23	48.00	2375
2	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha Lem.*	56	22	44.80	2217
3	Nopal de castilla	*Opuntia ficus-indica (L.) Mill.*	9	3	7.20	356
∑			125	48	100	4948

Tabla VII. 4. Densidad de especies a rescatar de bosque encino

No	Nombre	Nombre Científico	No. de Ind	Ind/ha	%	Ind/Proyecto
1	Nopal camueso	*Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.*	1	1	0.08	35
2	Nopal cardón	*Opuntia streptacantha Lem.*	2	2	0.10	69
∑			3	3	0	104

6.4.1.6. Acciones para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna

Sin duda alguna, en la etapa de preparación del sitio como son las actividades de despalme, dan la pauta para la migración de la fauna silvestre hacia los predios aledaños al proyecto, este proceso natural favorece para evitar daño a las especies de fauna. Sin embargo, previo a la etapa de preparación del sitio, se considera la implementación del Programa de manejo de fauna, que incluye acciones de rescate y reubicación de especies. Lo anterior con la finalidad de mitigar al máximo posible los impactos ambientales a la fauna, particularmente las especies de fauna silvestre que se distribuyen potencialmente en las áreas forestales dentro del predio, por lo tanto, se han diseñado estrategias ambientales que convergen en la protección y conservación del factor ambiental (distribución de fauna).

- Ahuyentamiento

- Rescate.
- Reubicación

6.4.1.6.1. Metodología para el ahuyentamiento, rescate y reubicación

La estrategia fundamental para proteger a la fauna silvestre es la de mantener la diversidad de especies de fauna.

Es de esperarse que, dada la libre movilidad de los animales, especialmente aves, reptiles y mamíferos, y su sensibilidad a la perturbación (tránsito de personas, maquinaria, y ruido), éstos abandonen por sí mismos, el área donde se llevará acabo el despalme ocupando los hábitats disponibles en otras zonas; no obstante, se llevarán a cabo actividades de rescate de fauna para asegurar la afectación mínima a las especies, dentro del área de afectación por el desarrollo del proyecto.

Es de suma importancia realizar las actividades de rescate y reubicación en las dos primeras etapas del proyecto (preparación del sitio y construcción), por lo tanto, antes del inicio de la etapa de preparación de terreno, y simultáneamente a la campaña de rescate de vegetación, en la superficie donde se emplazará el proyecto, se deberá implementar el presente programa, con especial énfasis en especies de poca movilidad que usan cuevas o cavidades y nidos de aves que puedan ser reubicados. Cada ejemplar rescatado, será identificado y registrado en una bitácora, para posteriormente ser trasladado hacia áreas de conservación o a las zonas designadas por los especialistas.

Se presentan las actividades que se llevarán a cabo para el rescate y reubicación de fauna silvestre en el área de afectación del proyecto.

- Delimitación del área
  - ✓ Recorridos para la identificación
  - ✓ Acción de ahuyentamiento

- Sitios alternos de refugio
  - ✓ Rescate
  - ✓ Traslado
  - ✓ Reubicación
  - ✓ Registro en bitácora
  - ✓ Reportes de monitoreo

6.4.1.6.2. Delimitación del área por afectar

Para garantizar que no existirá perturbación a los grupos de fauna durante el desarrollo del proyecto, es importante que dentro de los trabajos preliminares y como actividad número uno se delimite físicamente el área sujeta a afectación. Estas áreas deberán contar con señalización adecuada, vistosa y clara con el fin de afectar lo menos posible las áreas aledañas.

A través de la delimitación de dichas áreas se pretenden mantener los despalmes al mínimo necesario que se requiera por las bases de diseño del proyecto, durante las diferentes etapas. En ningún caso se permitirá la realización de actividades de despalme por medio de la utilización de fuego y/o agroquímicos, los cuales pudieran derivar en una afectación mayor al ecosistema y a la fauna asociada.

6.4.1.6.3. Recorridos de identificación

Previo al despalme se realizarán recorridos para el reconocimiento del sitio y registro de avistamientos, huellas, rastros sobre trayecto e identificación de madrigueras o sitios de oquedades, a efecto de confirmar la presencia de ejemplares de fauna silvestre susceptibles de rescate y reubicación.

Para reptiles se verificarán troncos de árboles huecos y hendiduras, tocones, bajo troncos caídos o piedras, entre la hojarasca, grietas, charcas temporales y permanentes, que constituyen los micros hábitats potenciales de los reptiles.

La búsqueda de aves se realizará utilizando vocalizaciones y observaciones directas. Para los avistamientos se utilizarán binoculares con aumento de 10 x 50; mientras que, para la captura, se emplearán redes ornitológicas de 9 y 12 m, tanto en la tarde como en la mañana.

6.4.1.6.4. Acciones para el ahuyentamiento

Para ahuyentar los ejemplares que por razones de su territorio se desplazan sobre las superficies de interés, una vez capacitado al personal, se realizarán diversos recorridos para alejar a la mayor cantidad posible de individuos de fauna; la técnica más efectiva es desplazarse sin restricciones por la zona procurando hacer ruido y sacudir la vegetación, utilizando vestimenta de colores brillantes como rojos, anaranjados o amarillos. Para el caso de mamíferos y aves esta es una técnica muy efectiva, lo cual evita la necesidad de capturar a los individuos. En el caso de los ejemplares con probable ocurrencia en el sitio, serán básicamente pequeños mamíferos y reptiles.

Estas actividades se realizarán previas al inicio de los trabajos y durante su ejecución, realizando recorridos periódicos revisando madrigueras y nidos.

6.4.1.6.5. Métodos de rescate

Los métodos de captura para reptiles y mamíferos pequeños difieren entre los tres grupos y entre especies, especialmente para el grupo de los mamíferos pequeños que poseen hábitos fosoriales y cursoriales.

En el contexto de las medidas de rescate y reubicación se recomiendan los métodos menos invasivos para la fauna, rápidos y de menor costo de implementación, horas del día y condiciones ambientales propicias para aumentar la probabilidad de captura en cada uno de los grupos (ver Tabla siguiente).

Tabla VII. 5. Época del año, hora del día, condición ambiental y método de captura para distintos grupos

Grupo	Hora del día condición ambiental	Técnica
Reptiles[1]	Durante el día (Soleado y baja humedad Tº > 18ºC)	Captura con lazo, muestreo activo Redes de mano Manual Pinzas y gancho herpetológico.

6.4.1.6.6. Traslado

En el traslado de la fauna capturada es importante considerar las condiciones físicas empleadas para la retención de los individuos de los distintos grupos, y el tiempo transcurrido desde la captura hasta la liberación de los ejemplares (ver siguiente Tabla).

Tabla VII. 6. Condiciones y tiempo de traslado de los individuos rescatados2.

Grupo	Condiciones	Tiempo de traslado
Reptiles	Recipiente plástico con aire o bolsas de género o papel, una por ejemplar *	Máximo 10 horas
Mamíferos pequeños	En la misma trampa de captura o en jaulas, con alimento (agua/fruta durante mantención)	Antes del atardecer

6.4.1.6.7. Liberación

Con el objetivo de asegurar éxito en la relocalización se requiere una adecuada preparación y capacitación de los encargados, una planificación de todas las etapas, el reporte de resultados y el uso de indicadores (Germano & Bishop 2009). La liberación de animales relocalizados, requiere tener en consideración los siguientes aspectos:

- Liberar pocos individuos en cada lugar (logra un espaciamiento adecuado de los organismos y evita las agresiones entre individuos de la misma especie) para no superar la capacidad de carga del sitio.
- Liberar individuos adultos separados de infantiles y juveniles.
- Liberar una proporción de machos y hembras acorde con la estructura de la especie (territorial, polígama, etc.).

[1] (Lips & Reaser 1999), 2 (Eymann *et al*. 2010); (Shine & Koenig 2001); (Norton 2014), 3 (Maldonado 2007), 4 (Mills et al. 1998; Muñoz-Pedreros y Yáñez 2009).
[2] * (Bustamante *et al*. 2009).

- No liberar depredadores cerca de presas (ej. liberar culebras e iguanas lejos de otras lagartijas, liberar yacas lejos de lagartijas y roedores juveniles).
- Evaluar la condición sanitaria de los individuos.
- No realizar la relocalización si el animal presenta problemas evidentes de salud o está muy estresado (ejemplo: grandes concentraciones de ácaros o parásitos).

Para la liberación, existen dos estrategias: rápida (hard release) y lenta o suave (soft release). En la liberación rápida los animales se liberan inmediatamente a su nuevo ambiente, tratando que encuentren refugio rápidamente. En la liberación lenta se les proporciona alimento, refugio y se les mantiene en un lugar cerrado (usualmente con malla de alambre) por algunos días hasta que se han aclimatado al nuevo hábitat (*Bright y Morris 1994*). Este tipo de liberación puede reducir los movimientos de dispersión y mortalidad post-liberación (*Massei et al. 2010*). En la siguiente tabla se presenta el tipo de liberación por grupo y el momento del día para realizarlo.

Tabla VII. 7. Tipo de liberación por grupo taxonómico3.

Grupo	Tipo de liberación	Horas del día
Reptiles	Rápida	Durante el día (soleado)
Micro mamíferos	Lenta en especies sensibles Rápida en otras especies	Durante el día

6.4.1.6.8. Técnicas de captura de mamíferos

Se realizarán recorridos previos al inicio de actividades para la identificación de nidos y madrigueras que pudieran ser afectadas por la maquinaria y equipo empleado en las etapas de preparación del sitio y construcción. En caso de encontrar madrigueras o nidos, se verificará visualmente si se encuentra o no ocupada.

Las capturas de mamíferos se realizan ya manualmente, con aparatos mecánicos (trampas), con la inyección de drogas a distancia o usando drogas administradas

[3] (Heyer *et al*. 1994); 2(Bright y Morris, 1994), en Chile especies de *Geoxus* y *Chelemys*.

oralmente a través de cebos. Los progresos recientes en el uso de tranquilizantes y anestésicos (drogas) han sido un factor importante en el éxito de distintos programas de manejo de fauna silvestre.

6.4.1.6.9. Trampas de acero y resorte

Los agentes dedicados al control de depredadores han usado diferentes trampas de acero de fabricación comercial, conocidos como cepos (que sujetan un miembro animal). Los cepos de acero que representan un recubrimiento de hule han sido exitosos en la captura de carnívoros y otros grandes mamíferos sin causarles daño. Dentro de las trampas letales tenemos a las trampas de cuerpo Conibear. Para mamíferos pequeños tenemos las trampas más comunes como las trampas de resorte, pero ésta última no se recomienda porque son letales.

6.4.1.6.10. Trampas caja

Los pequeños mamíferos también pueden ser capturados con trampas de cajas Sherman, Havahart y Víctor. Para mamíferos medianos existen trampas Tomahawk de diferentes tamaños, plegables o fijas, con una o dos puertas abatibles.

En caso de encontrar individuos presentes se emplearán trampas tipo Sherman (para mamíferos pequeños) y jaulas (para mamíferos medianos) con apoyo de puentes naturales.

6.4.1.6.11. Técnicas para la captura de herpetofauna

Para la captura de reptiles, pueden atraparse manualmente al buscarlos en su ambiente, por ejemplo, debajo de tocas o troncos y otros objetos en los que pueden esconder. Es recomendable usar guantes de cuero al buscar reptiles o revisar trampas. Especialmente cuando hay riesgo de encontrar serpientes venenosas.

El uso de una lazada de acuerda delgada sujeta al extremo de una vara o de una caña de pescar es una técnica efectiva para atrapar por el cuello a lagartijas de diversos

tamaños y de comportamiento huidizo cuando se posan momentáneamente en lugares al alcance de una persona.

Los ganchos o bastones herpetológicos son de gran ayuda para la captura de reptiles ya que, al remover hojas, piedras, troncos, ramas, etc., se puede evitar una mordedura además de no maltratar a los organismos por capturar. Las lagartijas también se pueden por medio de ligas de hule gruesas, lanzándolas al estirarlas con un dedo y orientadas hacia el individuo, de manera que al golpearlo produzcan una inmovilización temporal que permite atraparlo. Para el rescate de reptiles se emplearán pinzas y ganchos controladores o en su caso una vara para su manipulación. Para el traslado es recomendable utilizar un costal, esto para que el reptil se tranquilice y se pueda trasladar de forma segura al sitio de reubicación asignado.

La captura de serpientes requiere de un procedimiento que consiste e inmovilizar la cabeza. Primero se sujeta la cabeza con un bastón herpetológico contra el suelo en un lugar firma y se toma se la parte posterior de la cabeza con los dedos pulgar y medio, al mismo tiempo colocando el dedo índice en la parte superior, con la otra mano se sujeta el cuerpo, posteriormente se deposita en una bolsa de tela, introduciendo primero la parte posterior, el saco debe torcerse, doblarse y amarrarse en un extremo. Es conveniente transportar la bolsa alejada del cuerpo, no es recomendable que un solo colector lleve una serpiente venenosa, ya que podría necesitar ayuda en caso de mordedura.

6.4.1.7. Personal técnico responsable de la ejecución del programa

Se considerará la contratación de un técnico especializado en el manejo de fauna, quien será el responsable, de supervisar las acciones que se ejecuten para el presente Programa de Manejo de fauna durante todas las etapas del proyecto; deberá contar con apoyo técnico durante las etapas de preparación del sitio y construcción para el rescate y reubicación de especies.

6.4.1.8. Descripción de especies de flora de interés para su rescate y reubicación

La flora de interés, como ya se señaló en los objetivos, son los ejemplares de los géneros *Opuntia,* susceptibles de reubicarse. En este apartado se hace una descripción de las especies, con el propósito de identificar los elementos básicos para las acciones que se emprenderán para su reubicación.

Características de *las Opuntias*: Los nopales pertenecen al género *Opuntia*, de la familia de las Cactáceas. Se han descrito hasta la fecha 125 géneros y 2,000 especies, de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (INE). Son plantas, suculentas arborescentes, arbustivas o rastreras, se caracterizan por tener tallos o cladodios en forma de paletas, que son planos, suculentos y articulados, llamados comúnmente pencas, que alcanzan hasta 60-70 cm de longitud. Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas areolas, que presentan en su cavidad espinas, que generalmente son de dos tipos: algunas pequeñas, agrupadas en gran número (gloquidios) y las grandes que son, según algunos botánicos, hojas modificadas. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado. Las flores son generalmente hermafroditas y solitarias, se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas y su color es variable: rojas, amarillas, blancas, entre otros. En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año. El fruto, llamado tuna, es carnoso, su forma, tamaño y color es variable.

Se conocen casi 300 especies del genero Opuntia, sin embargo, hay solo 10 o 12 especies utilizadas por el hombre, la más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es la Opuntia ficus-indica. Algunas especies son ampliamente utilizadas para producción de fruta, entre las cultivadas tenemos a la *Opuntia ficus indica, O. amyclaea, O. joconostle, O. megacantha y O. streptacantha*. Entre las especies silvestres de las cuales se utiliza el fruto se encuentran también: *Opuntia hyptiacantha, O. leucotricha y O. robusta*. Otras especies son más utilizadas para la producción de nopal verdura o nopalitos (el nopal tierno), como *O. robusta y O. leucotricha*, además de *O. ficus-indica*.

Un gran número de especies se utiliza para producir forraje, como la *O. robusta y O. leucotricha*. Asimismo, se utilizan especies como la O*. ficus-indica, O. cochenillifera*, entre otras, para producción de grana cochinilla. Los nopales se utilizan además como cerco vivo en huertos y predios.

Opuntia robusta. Magnitud: alcanza entre unos 5 y 7 metros tanto de altura como de diámetro, cactus breñoso, de tallo muy ramificado desde la base; de color azul plateado, presenta segmentos ovalados, aplanados, circulares u oblongos de 15 a 40 cm de largo o más, de unos 30 cm de diámetro y muy gruesos de hasta 2,5 cm de espesor; con espinas (hojas modificadas) blancas de 8 a 12 por areola, de hasta 5 cm de longitud, flores de color amarillo muy intenso y en forma de platillo, miden aproximadamente unos 7 cm de diámetro. Florece en primavera-verano.

Opuntia streptacantha., es una especie arbustiva que alcanza hasta tres metros de altura. Sus cladodios o pencas son de un tamaño más grande que el de *Opuntia ficusindica*, el nopal común. Las pencas del nopal charola llegan a medir hasta 25 centímetros de longitud. La especie florece durante el otoño, con florescencias amarillas que maduran hacia el otoño en frutos de pulpa rojiza y sabor agridulce, que miden entre 6 y 7.5 cm de longitud.

Opuntia Ficus-indica. Como la mayoría de los miembros de este género carece de hojas nomofilas, los segmentos o cladodios en que se divide, son tallos capaces de ramificarse, emitiendo flores y frutos. Estos tallos son planos, ovales y de color verde medio. Poseen dos clases de espinas, reunidas en los gloquidios (especie de cojincillos) de las areolas, unas largas y duras, y otras cortas y finas con aspecto velloso, conocidas como "**penepes**" en la zona cordillerana de Argentina.

Las flores, en forma de corona, nacen de las areolas en los bordes de los segmentos. Florece una vez al año y tanto el fruto como la flor pueden ser de diversos colores, desde el amarillo al rojo.

El fruto tiene una cáscara gruesa, espinosa, y con una pulpa abundante en pepas o semillas. El fruto maduro es una baya de forma ovalada con diámetros de entre 5,5 y 7 cm, una longitud de 5 cm a 11 cm y un peso variable entre 43 y 220 g.

6.4.1.9. Registro en bitácora

A todos los individuos capturados y reubicados se les deberá de tomar datos taxonómicos, morfo-métricos, fotografías, coordenadas de captura y liberación, así como información de las condiciones del hábitat, esto se especificará en el siguiente formato de registro.

Respecto al anexo fotográfico, se deberá indicar a pie de cada imagen el nombre científico en cursivas de cada ejemplar capturado, así como el nombre común.

Tabla VII. 8. Propuesta de formato de bitácora de manejo de fauna silvestre

Registro de rescate y reubicación de fauna										
Responsable					Fechas de actividades de captura					
Actividades de captura					**Actividades de reubicación**					
Especie	Nombre común	Hora de captura	Lugar de captura		Fecha de reubicación		Hora	Lugar de reubicación		Observaciones
			X	Y				X	Y	

6.4.1.10. Área para el rescate y reubicación de la flora y fauna

Para la identificación y asignación de los sitios alternativos de refugio (área de reubicación) de la fauna que se encuentren en el área del proyecto, y que requieran ser reubicadas, se deberán tomar en consideración los siguientes aspectos antes de proceder a la liberación de los ejemplares.

- El área de reubicación deberá ofrecer la oportunidad de sobrevivencia de los ejemplares a ser reubicados.

- El área de reubicación no deberá representar un riesgo para los ejemplares reubicados o para las personas (por ejemplo: lugares próximos a carreteras o asentamientos humanos).
- El área deberá localizarse lo más cercano posible al área donde se capturó al ejemplar que requiere ser reubicado, para evitar traslados largos que puedan representar un riesgo para el ejemplar.
- El área de reubicación deberá ofrecer las mismas características bióticas y abióticas del sitio donde se realizó la captura de los ejemplares.
- El área de reubicación deberá proporcionar el alimento adecuado a los ejemplares que requieran ser reubicados.

Figura VII. 2. Área donde se reubicará la flora y la fauna rescatada

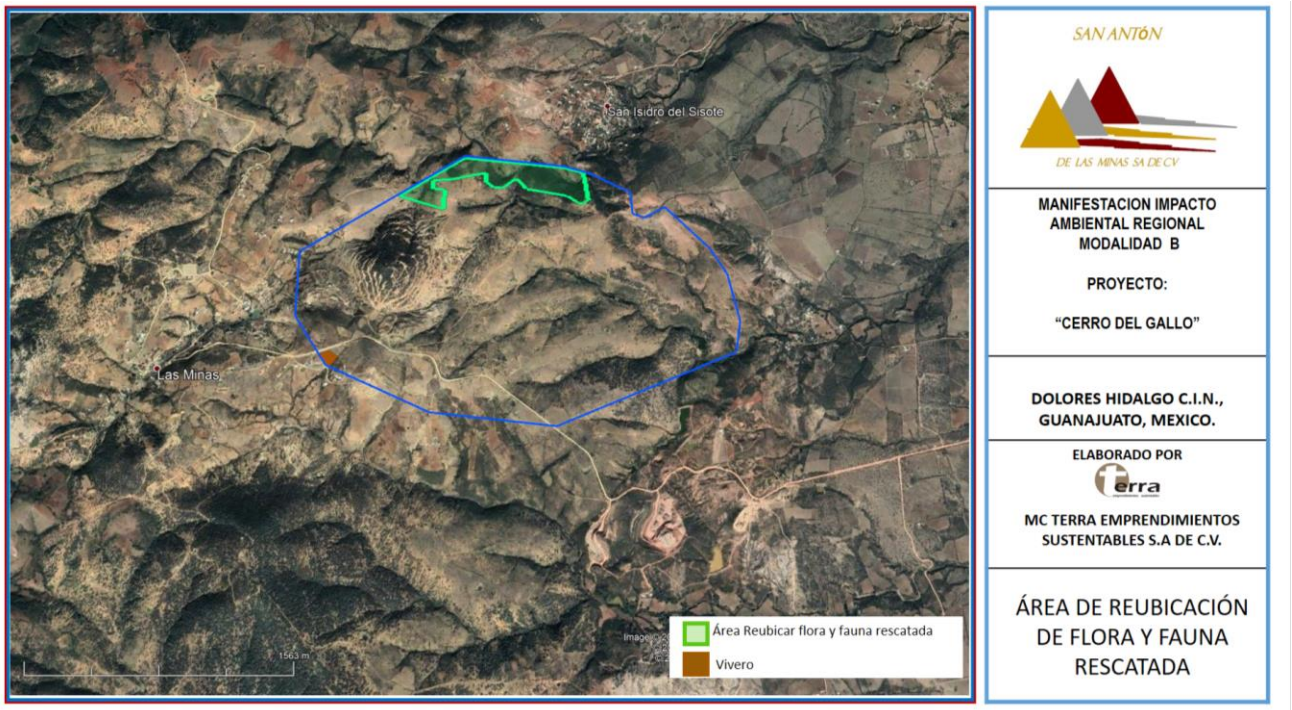


Tabla VII. 9. Sitio para reubicación de la flora y la fauna rescatada

Sitio para reubicación de flora y fauna rescatada UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288969.20	2332379.37	10	289447.67	2332594.85
2	288973.62	2332522.10	11	289516.59	2332514.36
3	288899.07	2332528.13	12	289786.67	2332461.07
4	288888.43	2332590.83	13	289875.37	2332398.83
5	289008.22	2332594.59	14	289930.16	2332424.54
6	289240.14	2332638.73	15	289894.69	2332626.61
7	289248.24	2332572.23	16	289756.99	2332668.65
8	289295.30	2332530.11	17	289098.79	2332752.86 m
9	289355.53	2332525.49	18	288673.74	2332480.56

Dependiendo del tipo de especie a reubicar, se deben tomar en consideración la territorialidad de los mismos. Es decir, se debe tomar nota de ubicación exacta del rescate de los individuos, a fin de considerar entre otros puntos la caracterización del hábitat natural de las especies a ser relocalizadas, y considerar la descripción de al menos, los siguientes atributos ambientales:

- ✓ Cobertura de la vegetación.
- ✓ Estructura de la vegetación.
- ✓ Fisionomía de la vegetación.
- ✓ Exposición y altura geográfica.
- ✓ Tipo de sustrato.
- ✓ Distancia a cursos de agua (en casos que se justifique).
- ✓ Distancia a construcciones, proyectos o actividades antrópicas para identificar factores de amenaza (ejemplo: caminos, rutas, autopistas, extracción de tierra, asentamientos humanos, etc.)

Una vez identificadas las áreas de reubicación o sitios alternativos potenciales se registrarán en una bitácora que deberá contener al menos lo siguiente:

- ✓ Ubicación geográfica con coordenadas UTM.

- ✓ Proximidad al sitio de captura.
- ✓ Caracterización general de vegetación y en su caso fauna, así como su similitud con la del sitio de captura.
- ✓ Proximidad con sitios de asentamientos humanos.
- ✓ Características del sitio que aseguren la sobrevivencia del ejemplar a reubicar.

El personal responsable deberá delimitar y asignar los sitios potenciales para la reubicación y liberación del ejemplar rescatado. Los sitios potenciales a reubicar y liberar especies deben ser dentro del sitio de proyecto y en zonas con características ambientales similares al predio. El personal responsable asignará las actividades necesarias de preparación previa al rescate de individuos. A continuación, se mencionan algunos ejemplos dependiendo de los organismos, de esta forma se reducirá el tiempo de permanencia en cautiverio de éstos. En la figura siguiente se muestra el área propuesta.

6.4.1.11. Cronograma de actividades

Con el fin de dar seguimiento a las acciones que se han considerado para la implementación del proyecto de conservación y recuperación de ejemplares de flora y fauna silvestre, se han calendarizado y ubicado las áreas de interés, conforme se presenta en el cronograma siguiente:

Tabla VII. 10. Cronograma de actividades

ETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	LUGAR	MESES																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Previa	Definir Responsable Ambiental	Proyecto	■																
	Capacitación Al Personal	Sitio de obras	■																
	Recorridos Para Ahuyentar Fauna Silvestre	Sitio de obras	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Recorridos Para Identificar Ejemplares De Flora Y Fauna A Reubicar	Sitio de obras	■																
	Establecer Sitio De Reubicación De Ejemplares De Flora	Área destinada	■	■															
	Reubicación De Ejemplares De Flora	Área destinada	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Reubicación De Ejemplares De Fauna	Área destinada	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Instalación De Letreros Y Contenedores Para Residuos	Toda el área del proyecto		■	■	■													
Construcción	Mantenimiento Ejemplares De Flora	Área destinada					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Mantenimiento A Letreros	Área destinada						■				■							
	Supervisión	Área destinada					■	■	■	■	■	■	■	■					
Cierre	Restauración Del Sitio	Área destinada										■							■
	Reporte A SEMARNAT	Todo el sitio del proyecto y el entorno										■							■
Todas	Monitoreo Permanente De Ejemplares Reubicados	Área destinada					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Protección De Ejemplares De Flora Y Fauna	Todo el sitio del proyecto y el entorno	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

6.4.1.12. Evaluación

Los diferentes mecanismos que se estarán utilizando para la evaluación de la implementación del proyecto, se identificarán de manera conjunta entre los responsables tanto del tema ambiental, como líder general del proyecto, así como del personal en general, con el fin de verificar el cumplimiento de las acciones propuestas y la consecución de los objetivos particulares establecidos, así como la eficiencia de las acciones emprendidas. En tal sentido se estarán registrando los avances para medir el cumplimiento de este proyecto y documentar todo el proceso.

6.4.1.13. Seguimiento y control

Durante la ejecución de las diferentes acciones cada proceso estará debidamente documentado y registrado, por lo que los responsables evidenciarán los resultados de las acciones con las bitácoras, registros, fotografías, reportes y videos que sea necesario integrar y que estarán a disposición de las autoridades en la materia para efectos de supervisión e inspección, de tal manera que se vaya dando cumplimiento conforme al cronograma ya planteado.

Asimismo, se contempla, como compromiso adquirido y señalado en los estudios, autorizaciones, resolutivos correspondientes de a la ejecución de las acciones de protección que serán complementadas con el presente proyecto, haciendo entrega oportuna y en forma del reporte que demuestre el estado de conservación del sitio del proyecto.

Conclusiones: Con la implementación del Programa de rescate en sus diversas etapas para estas especies, se pretende rescatar las especies de flora y fauna silvestres localizadas dentro del área del proyecto, buscando con estas medidas la conservación y propagación de estas especies.

6.4.1.14. Reglamento Interno para la protección de la Flora y Fauna Silvestre

CAPITULO 1
DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 1. Las disposiciones del Presente Reglamento son de carácter general y de observancia obligatoria y se han preparado en congruencia con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, reglamentos y normas oficiales en sus capítulos y tiene como finalidad establecer los principios y normas y acciones para asegurar la preservación, protección, mejoramiento , instauración o restauración del recurso flora y fauna silvestre que existen dentro los terrenos a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V.

ARTÍCULO 2.- El presente Reglamento tiene por objeto regular las actividades en materia de protección a la flora y fauna dentro de las áreas a cargo de la empresa San Antón de las Minas S.A de C.V., para prevenir o en su caso mitigar los impactos ambientales.

ARTÍCULO 3. .-Para los efectos del presente Reglamento, se entiende por:

I. AMBIENTE. El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

II. CONTAMINACIÓN: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que causen desequilibrio ecológico.

III CONTAMINANTE: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

IV. ESPECIE. La unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos morfológicos, fisiológicos y conductuales.

V. FAUNA: Vida animal permanente y/o migratoria que existe en el territorio del proyecto.

VI. FLORA: Vida vegetal que existe en el territorio del proyecto.

VII. IMPACTO AMBIENTAL: La modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o dela naturaleza.

VIII.PRESERVACIÓN: El conjunto de medidas y acciones para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

IX.PREVENCIÓN: La disposición y aplicación de medidas anticipadas, tendientes a evitar daños al ambiente.

X.PROTECCIÓN: El conjunto organizado de medidas y actividades tendientes a lograr que el ambiente se mantenga en condiciones propicias para el desarrollo pleno de los ecosistemas.

XI.OFIDIOS: Se refiere a un orden de reptiles saurios de la subclase de los diápsidos, sin patas y sin esqueleto escapular o humeral; carecen de esternón y del paladar, tienen movimientos libres, que permiten al animal abrir desmesuradamente la boca, para engullir enteras a sus víctimas, que luego digiere.

CAPITULO II
OBLIGACIONES POR PARTE DE LA EMPRESA
SAN ANTÓN DE LAS MINAS S.A DE C.V.

ARTÍCULO 3.- San Antón de las Minas S.A de C.V., desarrollará acciones diversas para la preservación ambiental y control de la flora y fauna presente en los terrenos a su cargo así como de los factores del deterioro biológico que se pudieran suscitar dentro de las áreas a su cargo.

ARTICULO 4.- Corresponde al Jefe del Departamento de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de San Antón de las Minas S.A de C.V. cumplir y hacer cumplir las diversas disposiciones contenidas en el presente Reglamento referente a la preservación, protección control y desarrollo sustenta del ambiente dentro de los terrenos a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V.

ARTÍCULO 5.- La Jefatura del Departamento de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de San Antón de las Minas S.A de C.V. o al supervisor designado por el jefe de dicho departamento o el supervisor asignado realizará las verificaciones que estime pertinentes a las obras que se pretendan realizar, las cuales pudieran producir contaminación o deterioro a la flora y fauna y en todo momento tendrá facultares para resolver su aprobación, modificación o rechazo en apego a la Legislación Ambiental Mexicana Vigente.

ARTICULO 6.- En las instalaciones de la Mina e infraestructura de apoyo, la empresa promoverá de los alimentos necesarios al personal para evitar el consumo de flora y fauna.

CAPITULO III
DISPOSICIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA FLORA SILVESTRE

ARTICULO 7. En caso de encontrar especies que estas incluidas en la lista de especies con algún tipo de estatus de protección y/o conservación en base a la NOM-059-SEMARNAT-2010 se deberá dar aviso al Supervisor Ambiental en turno para que éste programe un marcaje, rescate y replantación de las mismas.

ARTICULO 8. Queda estrictamente prohibido la extracción de cualquier tipo de especie de flora para llevárselos, por parte de absolutamente ninguna persona que se encuentre dentro de los terrenos del Proyecto.

ARTICULO 10. En caso de ser necesario remover cualquiera de las especies vegetales incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 tomar en consideración que:

I. Debe respetarse las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 desviando el curso de las brechas a abrir unos 1O metros de distancia.

II. Deben removerse con cuidado a pico y pala para ser trasplantadas en otro lugar, de ser posible, con el fin de ser ubicadas en el mismo lugar cuando se cierre la misma y se haga la revegetación, siempre y cuando el tamaño del ejemplar lo permita.
III. Si los ejemplares son muy grandes para ser removidos manualmente y trasplantados, estos deben de ser cortados transversalmente con el fin de plantar las partes apicales donde se encuentren los meristemos.

ARTICULO 11. Para el caso de las especies arbóreas cuyo tamaño comprometa el éxito del rescate y replantación, éstas podrían reponerse por otros individuos de la misma especie que al igual que las cactáceas deberán ser trasplantadas en áreas que no serán intervenidas, en sitios previamente definidos y bajo un programa de rescate.

ARTICULO 12. Cuando se realice el rescate de especies de flora identificadas dentro de las áreas del proyecto, éste se realizará rescatando el máximo número de plántulas posible y colecta de semillas también dentro de las áreas a ser intervenidas con maquinaria, mismas especies que podrán ser utilizadas

ARTICULO 13. No se removerá más vegetación de la mínima necesaria con la finalidad de minimizar el impacto ambiental espacialmente.

ARTICULO 14. Para el caso de la realización de trabajos en áreas con presencia de vegetación se restringirán y delimitarán las áreas de trabajo previo a las actividades para ayudar a evitar daños a la flora adyacente. Así como también se utilizarán cintas de marcaje o biodegradables o banderillas.

ARTICULO 15. Se limitará el acceso solo en áreas autorizadas y se prohibirá a los trabajadores acceso a las áreas vecinas.

ARTÍCULO 16. Queda estrictamente prohibido el uso de fogatas, esto para evitar los incendios forestales. Cuando el uso de fuego sea estrictamente necesario para una

actividad, se deberá contar con autorización y supervisión de parte del Departamento de Seguridad y Medio Ambiente de Minera San Antón de las Minas S.A de C.V.

CAPITULO IV
DISPOSICIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE

ARTÍCULO 17. Es obligación de todo el personal expuesto a probables encuentros no deseados con hepertofauna, estar familiarizado de forma didáctica con las características más importantes relacionadas con la morfología, biología y ecología de los ofidios que habitan las áreas donde se prevé podrían estar habitando

ARTÍCULO 18. Queda estrictamente prohibida la cacería y extracción fuera de los terrenos a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V., de cualquier tipo y cantidad de flora y fauna silvestre.

ARTÍCULO 19. En las áreas ofidiógenas, antes de realizar cualquier tipo de trabajo, se procederá a la inspección frecuente de oficinas, almacenes y todo tipo de instalaciones, incluyendo cajones, zapatos, retretes. Así mismo tomaran las debidas precauciones luego, de las lluvias fuertes. La inspección deberá ser apoyada por una buena iluminación, particularmente si se trata de lugares oscuros y

ARTÍCULO 20. Se prestará especial atención al atravesar hierbazales, zonas inundadas, sendas, etc. Durante la noche es obligatorio el uso de linternas.

ARTÍCULO 21. Nunca se deberán introducir en forma desaprensiva, las manos en los huecos de los árboles o cavidades en general, en cuevas y en nido, si se tiene que hacerlo se hará primero usando las puntas de las pinzas herpetologías o un palo primero.

ARTÍCULO 22. Se evitará cazar o tomar serpientes con las manos, aunque aparenten estar muertas.

ARTÍCULO 23.- Se realizarán de manera periódica trabajos para mantener un espacio prudencial libre de malezas alrededor de las instalaciones de los empleados y oficinas en general.

ARTÍCULO 23.- Esta estrictamente prohibido por razones sanitarias y de prevención de accidentes el defecar y orinar en el campo abierto dentro de las instalaciones a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V.

ARTÍCULO 24.- Se deberá tener precaución al levantar o remover troncos caídos o piedras con las manos.

ARTÍCULO 25.- Se tendrá especial cuidado al encontrarse en los márgenes de ríos, arroyos, lagunas, etc., con el propósito de desarrollar tareas.

ARTÍCULO 26.- En caso de algún encuentro con una serpiente, no alarmarse, ya que el miedo incontrolado ha sido por si sólo el causante de muchos accidentes ofídicos.

Artículo 27. Si accidentalmente alguna persona que labore para San Antón de las Minas S.A de C.V., queda situado muy cerca de una serpiente no realizar movimientos bruscos, retroceder muy lentamente sin hacer vibrar el suelo y alejarse de ella y dar aviso inmediatamente al supervisor en turno para de ser posible disponer de ella y reubicarla a una zona segura.

ARTÍCULO 28.- Mantener las instalaciones protegidas contra la entrada de serpientes (puertas cerradas, no dejar espacios entre el borde inferior de las puertas, etc.) y el piso, si existieran orificios en las paredes sellarlos, proteger tragantes y desagües., etc.

ARTÍCULO 29.- Tener un botiquín con los medicamente necesarios para ésta emergencia.

ARTÍCULO 30.- En caso de un encuentro con una serpiente su manejo se deberá realizar con las instalaciones adecuadas y los utensilios específicos destinados a su manejo

ARTÍCULO 31.-. Es obligación para el caso de ser estrictamente necesario manipular una serpiente el realizarlo con el equipo mínimo requerido para tal procedimiento el cual deberá consistir de:

I.-Protección personal (gafas, guantes, polainas, botas).

II.- Sujeción y transporte (ganchos, tubos de contención, bolsas de transporte).

ARTÍCULO 32.- Para la manipulación de serpientes, siempre habrá de haber cuando menos dos animales y ha de mantenerse una distancia mínima con el reptil, superior al alcance de su ataque.

ARTÍCULO 33.- Para el caso de roedores y mamíferos medianos que han sido atrapados, éstos serán identificados, sexuados y registrados en una bitácora y serán trasladados inmediatamente después al sitio de reubicación el mismo día, liberándolos cerca de las áreas consideradas sus hábitos.

ARTÍCULO 34.- Con excepción de las serpientes, los otros animales con los cuales se presenten encuentros de ser posible no habiendo riesgo alguno, se capturarán manualmente con guantes de carnaza para luego procede como se establece en el artículo anterior.

ARTÍCULO 35.- Deberá contemplarse la posibilidad de mejorar o crear franjas de vegetación nativa que sirvan como micro-corredores biológicos para fauna silvestre, principalmente pequeños y medianos mamíferos

ARTÍCULO 36.- Dentro de las zonas de trabajo y en el perímetro, deberá observarse estricta limpieza particularmente de plásticos y metales, para evitar que la fauna los ingiera y provoque su muerte por asfixia o inanición

ARTÍCULO 37.- Se evitará la formación de depósitos o tiraderos de basura orgánica para evitar atraer animales que puedan ser dañados, por el funcionamiento normal de los equipos y que, a su vez, estos animales causen daño a los sistemas eléctricos de los equipos.

ARTÍCULO 38.-. Cuando se detecten madrigueras de fauna nativa en sitios dentro del proyecto se implementará acciones para protección y reubicación de dichas especies previamente con un mínimo de una semana, utilizando trampeo de ejemplares vivos

ARTÍCULO 39.- Para asegurarse de que las madrigueras encontradas dentro de los terrenos de la Mina ya no volverán a ser utilizadas una vez vacías, se deberán bloquear con el fin de evitar dañar a los ejemplares cuando se inicien los trabajos.

ARTÍCULO 40.- Se deberá contemplar la posibilidad de construir aguajes y abrevaderos para fauna nativa en arroyos y depresiones cercanos a la sombra de plantas.

ARTÍCULO 41.- Se prohíbe el uso de resorteras, hondas, rifles de aire o cualquier otro instrumento con la finalidad de herir o matar cualquier animal

ARTÍCULO 42.- Se prohíbe asustar animales, maltratar o provocar que se acometan entre ellos y organizar peleas con fines de espectáculos o diversión.

ARTÍCULO 43.- Queda estrictamente prohibida la caza y pesca de cualquier especie animal silvestre dentro de los terrenos del Proyecto

ARTÍCULO 44.- Ninguna persona podrá cazar, capturar, agredir, poseer, transportar exhibir, vender o comprar especímenes o artículos fabricados con productos o subproductos de especies capturadas en los terrenos del proyecto

ARTÍCULO 45.- A partir del inicio de la fase de construcción, el terreno a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V., quedará permanentemente vedado a cualquier tipo de cacería, captura con fines de extracción. Dichos terrenos son aquellos que se encuentran comprendidos dentro del sistema de fracciones a cargo de San Antón de las Minas S.A de C.V., los cuales en la medida de lo posible.

ARTÍCULO 46.- Se prohíbe la extracción, transportación y comercialización de animales silvestres; así como de sus cuerpos o productos derivados a ellos

ARTICULO 47. Se prohíbe liberar animales exóticos en cualquier sitio o región dentro de los terrenos del proyecto ajeno al lugar de origen del animal.

ARTICULO 48. Cuando por razones de encuentros no deseados y por razones de seguridad para los empleados que laboren dentro del Proyecto, se capturen animales y se trate de especies que pueden ser peligrosas para el humano o para otras especies animales, se tendrán que mantener en jaulas o áreas diseñadas especialmente para tal fin, que cuenten con los refuerzos necesarios para evitar que se escapen o se lastimen y se dará aviso inmediatamente al supervisor ambiental en turno para que este de aviso a la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ARTÍCULO 49.- Se prohíbe mantener a los animales silvestres y exóticos en áreas dentro de las instalaciones y/o predios del Proyecto.

ARTÍCULO 50.- Algunas mordeduras, tales como las ocasionadas por las víboras o animales ponzoñosos cuando son molestados accidentalmente, cuando se invade su territorio o se sienten amenazados, son difíciles de prevenir; sin embargo, existen

algunas precauciones que pueden disminuir el riesgo de ser mordido por una serpiente o animal ponzoñoso, que son las siguientes de observancia obligatoria:

I. No molestar al organismo. Esto debido a que muchas personas son mordidas porque tratan de matarlas o se acercan demasiado a los organismos peligrosos para observarlos.
II. Mantenerse alejado de las hierbas altas, al menos que este portando ropa y botas de protección
III. Mantener las manos y los pies fuera de las áreas donde no se pueda observar hacia el interior.
IV. No levantar rocas o leños, sin asegurarse de que no se encuentren animales bajo estos
V. Hay que ser precavido y estar alerta cuando se esté escalando alguna pared vertical o roca.
VI. Al presentarse el encuentro de la serpiente, solo se tendrá que caminar alrededor de está dándole aproximadamente unos dos metros para que no se sienta amenazada y dejarla sola sin intentar en atraparla

ARTICULO 51.- Debido a corrientes, a menudo las serpientes son arrastradas hasta otros lugares que no son su hábitat natural o usual. Antes de iniciar un recorrido por campo traviesa, se deberá tomar las siguientes precauciones.

I. Aprender a identificar las serpientes venenosas más comunes en el área.
II. Estar alerta ante las serpientes en lugares inusuales. Estas se les pueden encontrar en o alrededor de las casas grandes, graneros, edificios, maderas o leños diques, automóviles varados, pilas de desechos, materiales de construcción, dentro de la maquinaria, en pilas de basura y cualquier tipo de escombro donde puedan mantener su calor
III. Antes de iniciar cualquier actividad de limpieza y operaciones de rescate, buscar o entender las premisas básicas acerca de las serpientes. Estas pueden estar bajo o cerca de cualquier tipo de protección.

IV. En el rescate u operaciones de limpieza, use ropa de protección ante serpientes, polainas y guantes resistentes a las mordeduras. Sea extremadamente cuidadoso alrededor de los escombros.

V. Use rastrillos, palancas y cualquier otra herramienta para extender el alcance de sus manos cuando vaya a remover escombros.

VI. Nunca exponga sus manos, pies o cualquier otra parte de su cuerpo en lugares donde podría haber escondida una serpiente.

VII. No permita que los niños jueguen cerca de donde existen escombros.

VIII. Las serpientes no venenosas pueden ser capturadas enganchándolas por abajo con unas pinzas o gancho herpetológico, preferiblemente tomándola de la cola y luego ser removida recogiéndola con una pala plana.

IX. Si encuentra una serpiente cerca de usted, evite hacer movimientos repentinos ya que éstos pueden hacer que la víbora lance un ataque. Si permanece inmóvil frente a la serpiente, ésta podría alejarse. Si la serpiente no se aleja de usted luego de unos minutos, retroceda lentamente de ella.

X. Muchas serpientes no son dañinas o venenosas y muchas de ellas pueden ser tranquilizadas para dejar el sitio.

XI. Si alguna persona se mordido por una serpiente venenosa, llame a un doctor inmediatamente o vaya al hospital más cercano

CAPITULO V
DE LAS MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN A LA FLORA Y FAUNA

ARTÍCULO 52.- Se deberán instalar señalamientos dentro de los terrenos de la mina y concientizar a los trabajadores de proteger a la vida silvestre.

ARTÍCULO 53.- Se debe de contar con un depósito de basura con tapa hermética para no dispersar contaminantes al suelo.

ARTÍCULO 54.- Se debe buscar reducir espacialmente los impactos a la vegetación con el objeto de minimizar la fragmentación del hábitat.

6.4.2. Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera y Ruido (PCEAR)

Aunque por la ejecución de Proyecto, no se prevé el desarrollo **de impactos ambientales negativos severos** que deterioren la calidad del aire ambiente, **los 11 resultantes considerados como moderados**, se mitigarán mediante actividades comunes para proyectos mineros a cielo abierto. Las emisiones fugitivas relacionadas con el minado, el depósito de tepetate, los cortes y rellenos para la construcción de terracería para el sistema de lixiviación, serán controladas mediante riegos en las áreas, para el caso del acarreo del mineral y tepetate, igualmente se aplicarán riegos de caminos y rampas de acarreo; en vaciado del tepetate en el depósito superficial, se buscará que éste mantenga humedad, además de mantener alturas menores a 20 m, controles de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo.

Para la operación del sistema de lixiviación, la **NOM-155-SEMARNAT-2007** establece la aplicación de criterios que incluyen las medidas preventivas y de mitigación de observancia obligatoria.

Las medidas de control de emisión que se llevarán a cabo se especificarán en el **Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera y Ruido (PCEAR)**. En todas las etapas del proyecto, se identificó el impacto con nomenclatura **Ai-02**, descrito como "*Contaminación del aire por la emisión de PST visibles y fracciones respirables* PM_{10}*,* PM_5 *y* $PM_{2.5}$. Para prevenir y mitigar el impacto se proponen las medidas siguientes, ordenadas por etapa del proyecto.

6.4.2.1. Objetivo general

Establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas de mitigación de manera que se administren los aspectos ambientales presentes.

6.4.2.2. Objetivo específicos

- Construir y operar el proyecto en un marco de conservación y uso sostenible de los ecosistemas, los bienes y los servicios ambientales involucrados.
- Implementar las medidas de manejo de impactos ambientales para prevenir, mitigar y restaurar los posibles efectos derivados de los impactos ambientales relevantes y potenciales.
- Implementar las acciones que permitan dar atención y cumplimiento a los términos y condicionantes establecidos en las autorizaciones ambientales aplicables.
- Posibilitar la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental federal y estatal aplicable al proyecto.

6.4.2.3. Acciones y medidas

6.4.2.3.1. Preparación del sitio y construcción

Previo al inicio del desmonte, durante la preparación del sitio, **se elaborará e implementará un Plan de Control de Polvos Fugitivos**, que abarque todas las áreas del proyecto, para todas las etapas. En razón de que la construcción del tajo, la tepetatera y el Patio de Lixiviación, se construirán en etapas, incluirá el control de los polvos en las áreas que se construyan para las etapas 1ª y 2ª del patio y las consideradas para el avance por año en el tajo y la tepetatera. El plan de control de polvos fugitivos se prepara bajo los criterios que se señalan en el apartado inherente a "**Planes de Manejo Ambiental**". Aunque el plan no se encuentra normado en México, es una herramienta importante que permite administrar adecuadamente los aspectos ambientales relacionados con la emisión de polvos fugitivos, ya que incide en el control y monitoreo de las áreas generadoras estableciendo tiempos y métodos de muestreo, inspección y acción preventivo-correctiva. El plan se relaciona de cierta manera con las Normas Oficiales Mexicanas: **NOM-155-SEMARNAT-2007** y **NOM-157-SEMARNAT-2009** en lo que respecta al manejo de los residuos mineros, además es un instrumento obligatorio por los estándares internacionales para minas establecidos por la **Corporación Financiera Internacional**, en la **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad**, **Generales** (IFC-WB, 2007) y **Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el**

sector minero (IFC-WB, 2007); algunas acciones que contendrá para esa etapa se señalan en los incisos siguientes:

1. Durante la preparación del sitio, **en las actividades de recuperación y almacenamiento de suelo y de rehabilitación de caminos para acceso** a las áreas seleccionadas para las obras, se procurará que las áreas mantengan cierto grado de humectación a efecto de evitar emisiones de polvos, para tal fin se aplicarán riegos en caminos y áreas de operación. Inicialmente el agua provendrá de los pozos autorizados a miembros de la **Comunidad de San Antón**.
2. En los inicios del descapote del tajo, aprovechando las capas blandas superficiales compuestas por aluviones y roca meteorizada, **se usará excavación mecánica por medio de tractores acondicionados con ripper, aplicando riegos esporádicos para evitar la deshidratación y fragmentación de las partículas**; cuando se llegue al manto de roca firme (tobas), se aplicarán voladuras; las emisiones y vibraciones se controlarán mediante la ejecución de barrenos **con diámetro y profundidad acorde a la cantidad de explosivo y el uso de plantillas prediseñadas para el tipo de roca**; en días con presencia de vientos **se incrementará el retardo de las explosiones entre líneas de barrenación** y en época de invierno **los horarios de voladura se llevarán a cabo entre el medio día y las 5 pm**; de considerarse necesario, en los meses de febrero, marzo y abril, **se disminuirá la altura del banco**.
3. Durante la construcción de los caminos de acarreo, la preparación de la base de desplante del depósito superficial de tepetate, las etapas del patio de lixiviación y la infraestructura para servicios, se regarán los caminos y áreas de operación; los riegos se aplicarán en la época de estiaje dos veces al día, para una lámina de 10 cm; los horarios de riego serán por la mañana (al amanecer) para evitar que el polvo se acumule por la temperatura y se obstruya la dispersión y por la tarde a fin de evitar el mismo efecto por el tráfico de vehículos durante la noche. El riego en las áreas de operación es una práctica probada que disminuye de manera sensible la emisión de polvos, es un hecho que la humectación en las áreas de trabajo se ha convertido en una práctica común en las minas a cielo abierto ya

que ello conlleva beneficios ambientales y económicos al alargar los tiempos de mantenimiento por la mayor duración de los filtros de aire y otros componentes de la maquinaria utilizada.

6.4.2.3.2. Construcción-Operación

Para de minado (caminos de acarreo), beneficio (trituración y operación de la planta de recuperación) y servicios; así como en la **construcción-operación del tajo, la tepetatera y las pilas de mineral**, se espera la presencia del impacto citado. La emisión de polvos fugitivos provendrá de **las voladuras en el tajo en bancos de mineral y tepetate**; **la carga y transporte del mineral y tepetate a la Planta de Trituración y tepetatera** respectivamente, la **disposición de tepetate en el depósito superficial**, por lo cual se consideran acciones que serán integradas en el **Plan de Control de Polvos Fugitivos**. Las actividades generales que incluye el Plan para prevenir o mitigar las emisiones de polvos en **las etapas de operación y construcción-operación** de la infraestructura se señalan a continuación:

- Voladura en el minado;
- Rezaga y carga del mineral y tepetate;
- Acarreo de mineral y vaciado en el patio de gruesos o tolvas de mineral en la Planta de Trituración.
- Acarreo de tepetate y depósito en la tepetatera;
- Trituración, clasificación y almacenamiento temporal en almacenes de finos (Stockpile);
- Transporte del mineral triturado por la banda principal hasta el aglomerador;
- Apilamiento (formación de camas) en las Celdas de la Plataforma de lixiviación; y,
- Programa de monitoreo perimetral de partículas sólidas suspendidas en el aire ambiente.

Como acciones específicas se mencionan aquellas, cuya eficiencia está técnicamente demostrada y la viabilidad económica y técnica en su aplicación, probada.

1. Se aplicarán **las plantillas de barrenación utilizadas y validadas durante el descapote** para la voladura de bancos de tepetate y **se ajustarán para los bancos de mineral**, a fin de controlar la voladura y generar una mayor selectividad para el mineral; **los horarios de las voladuras y el control de retardo entre barrenos, se adaptarán de acuerdo a los resultados obtenidos en el descapote**.
2. Durante la operación, posterior a la voladura y antes del rezagado y cargado del mineral o tepetate, **se regará el sito junto con el material fragmentado para disminuir el polvo en el cargado**; igualmente se aplicarán riegos en los caminos de acarreo (mineral y tepetate). El tráfico de los camiones de acarreo (principales generadores de polvos por rodamiento), será optimizado para asegurar que los tiempos y distancias permitan la caída de las partículas y no se generen nubes; **las velocidades se controlarán** y la carga no podrá rebasar la capacidad volumétrica de los camiones. El diseño de los caminos no prevé pendientes en contra de la carga mayores al 10%, sin embargo, la construcción de bermas de protección, cunetas y desagües de éstas que eviten la erosión de la carpeta, son acciones fundamentales en la conservación de los caminos, que a su vez influye en el mejor control de polvos.
3. Por el riego en las áreas de minado, el tepetate contará con humedad suficiente para evitar polvos excesivos al momento del tirado en la tepetatera; la altura entre la cresta de la tepetatera y la caída del material no excederá de 10 m (especificado en el diseño), para ello se conformarán banquetas entre el talud que funcionarán como receptoras de los materiales de mayor dimensión (la roca de entre 7 y 10” se quedará en los taludes). Por el riego del material desprendido posterior a la voladura, el material se humecta sin molestar la operación y el tepetate mantiene un grado de humedad que evita la dispersión de polvos al momento de ser vaciado en la tepetatera.
4. Durante la construcción-operación de la tepetatera, **se seleccionará la granulometría por cada sección de depósito**, con ello se procurará un balance adecuado entre gruesos y finos que disminuya el arrastre por viento del tepetate.

Es un hecho que de las características de la litología que se mina, depende en gran medida el grado de fragmentación de la roca, existen litologías que por el efecto de la voladura se pulverizan en gran parte y el tepetate resultante mantiene un alto contenido de finos, cuando esto sucede si no se deposita sobre estos, material grueso, **se facilita el proceso de erosión eólica en la tepetatera con la consecuente emisión de polvos fugitivos**.

5. Para el caso de la Planta de Trituración, se aplicarán **medidas preventivas** (control) **específicas para las áreas de recepción de mineral grueso de la mina y almacenamiento de mineral triturado**. En la infraestructura, para cada equipo se aplicarán medidas específicas tendientes a la prevención y control de polvos; éstas acciones se presentan en los apartados siguientes:
    - **Tolvas de gruesos. -** Para el control en la descarga en las tolvas de gruesos de los circuitos para mineral o en el almacén de mineral, se asegurará que por el riego en las áreas de minado (inciso 3), el mineral mantenga un porciento de humedad que evite la generación de polvos en la descarga. El control de voladuras y la fragmentación de la roca mediante el uso de plantillas diseñadas, asegura que, por su tamaño, el mineral entre a la tolva y no queden rocas de dimensión mayor al ancho de la rejilla permitiendo que los polvos se precipiten en la parte baja de la tolva. El mineral en los almacenes de gruesos no durará más de tres turnos, sin embargo, en época de estiaje, se regará previo al ingreso de las tolvas (mediante cargador frontal).
    - **Cribas.** - Por diseño, las cribas se instalan **encapsuladas** y la fuente de emisión de partículas se localiza en las trasferencias de las bandas a las cribas y viceversa (ingreso y salida); **en cada transferencia se colocarán mangas y la altura de caída del mineral no sobrepasará los 50 cm**; las compuertas de inspección de las cribas se mantendrán cerradas.
    - **Quebradora primaria**. - La quebradora primaria recibirá el mineral grueso fragmentado por la voladura. Para **“Cerro del Gallo”**, la quebradora será de “quijada”. El chute de alimentación de la tolva de gruesos a la

quebradora se mantendrá encapsulado; los alimentadores a las quebradoras y la descarga de mineral triturado a las bandas y la salida de éstas, contarán con cubiertas y faldones, para evitar la emisión.

- **Quebradora secundaria. -** Se instalarán quebradoras secundarias de cono; **se encapsularán los chutes de alimentación en ambas quebradoras**, se colocarán cubiertas y faldones en los alimentadores a bandas.
- **Bandas y alimentadores**. - Las bandas **se instalarán sobre sistemas de rodillos**; mantendrán una forma cóncava y anchos que garanticen el transporte sin derrames, la velocidad (regulada por el diseño), se relaciona con las t/h y su cumplimento es fundamental para evitar la emisión de polvos; las bandas contarán con **camas de impacto y raspadores** y en caso necesario, se aplicará agua por aspersión en las dos caras de la parte inferior de la banda.

6.4.2.3.3. Control de emisiones de gases de efecto invernadero

La evaluación de los impactos ambientales indicó que los "**Ai-01** *Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión*" y **Ai-05** *Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5*, alcanzarán el nivel de moderado en la etapa de construcción, en particular durante la actividad de la "**Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas**"; el fenómeno se presenta en virtud que precisamente durante esa actividad, **se observa el mayor número de equipos a diésel en el proyecto**; por un lado se encuentra en operación la maquinaria y equipo para el descapote, conformación de la base de la tepetatera, construir oficinas, talleres, comedores, etc., y **en la construcción del ~~el~~ sistema de lixiviación**, se conjuntan camiones de acarreo de arcillas, para el acarreo de material sobrante, tractores, retroexcavadoras, compactadores de rodillo, grúas para el transporte de rollos de geomembrana, generadores de energía eléctrica, etc.

Para el caso de la operación de equipos que funcionan como fuentes fijas, el impacto se presentará durante la operación. Por ello se proponen una serie de medidas que abarcarán la vida útil del proyecto para fuentes fijas y móviles.

Implementar un sistema de mantenimiento de maquinaria y equipo, que contenga por lo menos:

- Calendarización de todas las actividades requeridas **en un ciclo determinado de tiempo**, de tal manera que determine el mes, día y el orden en que debe ser ejecutado cada trabajo y tarea. Puede consistir en un plan de trabajo que abarque un año.
- Contar con los recursos a ser utilizados, comprendiendo repuestos y materiales de trabajo, herramientas y mano de obra.
- Elaborar las instrucciones para el mantenimiento requerido para cada uno de las máquinas y equipos. Estas instrucciones deben ser detalladas, evitando términos, confusos u optativos.
- Programa de revisión y corrección en piezas, repuestos o materiales que puedan producir paros permanentes en la maquinaria o equipos, emisiones ostensibles al aire, que generen el incremento en el consumo de combustibles lubricantes o energía.
- Verificación de los trabajos terminados, para asegurar su calidad, el tiempo y recursos utilizados.
- Registros diarios, semanales y mensuales de: maquinaria y equipo (alto y bajo) y frecuencia de inspección; para el control de existencias de materiales y repuestos; para el control de mantenimiento preventivo, etc.

Es importante destacar que, las emisiones de partículas y gases generadas por fuentes fijas (hornos de regeneración de carbón y para fundición; boiler para intercambio de calor para el despojo en la planta de recuperación y muflas en el laboratorio de ensaye), **resultaron compatibles con el ambiente** por la aplicabilidad de las Normas Oficiales Mexicanas **NOM-085-SEMARNAT-2011**, contaminación atmosférica-niveles máximos

permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición y **NOM-043-SEMARNAT-1993**, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas

6.4.2.3.4. Control de emisiones de gases de efecto invernadero

La evaluación de los impactos ambientales indicó que los "**Ai-01** *Contaminación del aire por emisión a la atmósfera de gases y partículas por equipos de combustión*" y **Ai-05** *Contaminación del aire por la emisión de gases de efecto invernadero (CO2, CO, Nx y Sx) y PST visibles y fracciones respirables PM10, PM5 y PM2.5*, alcanzarán el nivel de moderado en la etapa de construcción, en particular durante la actividad de la "**Construcción de la plataforma, corredor de tuberías y piletas**"; el fenómeno se presenta en virtud que precisamente durante esa actividad, **se observa el mayor número de equipos a diésel en el proyecto**; por un lado se encuentra en operación la maquinaria y equipo para el descapote, conformación de la base de la tepetatera, construir oficinas, talleres, comedores, etc., y **en el sistema de lixiviación**, se conjuntan camiones de acarreo de arcillas, para el acarreo de material sobrante, tractores, retroexcavadoras, compactadores de rodillo, grúas para el transporte de rollos de geomembrana, generadores de energía eléctrica, etc.

Para el caso de la operación de equipos que funcionan como fuentes fijas, el impacto se presentará durante la operación.

Por ello se proponen una serie de medidas que abarcarán la vida útil del proyecto para fuentes fijas y móviles.

1. Implementar un sistema de mantenimiento de maquinaria y equipo, que contenga por lo menos:
    - Calendarización de todas las actividades requeridas **en un ciclo determinado de tiempo**, de tal manera que determine el mes, día y el orden en que debe ser ejecutado cada trabajo y tarea. Puede consistir en un plan de trabajo que abarque un año.

- Contar con los recursos a ser utilizados, comprendiendo repuestos y materiales de trabajo, herramientas y mano de obra.
- Elaborar las instrucciones para el mantenimiento requerido para cada uno de las máquinas y equipos. Estas instrucciones deben ser detalladas, evitando términos, confusos u optativos.
- Programa de revisión y corrección en piezas, repuestos o materiales que puedan producir paros permanentes en la maquinaria o equipos, emisiones ostensibles al aire, que generen el incremento en el consumo de combustibles lubricantes o energía.
- Verificación de los trabajos terminados, para asegurar su calidad, el tiempo y recursos utilizados.
- Registros diarios, semanales y mensuales de: maquinaria y equipo (alto y bajo) y frecuencia de inspección; para el control de existencias de materiales y repuestos; para el control de mantenimiento preventivo, etc.

Es importante destacar que, las emisiones de partículas y gases generadas por fuentes fijas (hornos de regeneración de carbón y para fundición; boiler para intercambio de calor para el despojo en la planta de recuperación y muflas en el laboratorio de ensaye), **resultaron compatibles con el ambiente** por la aplicabilidad de las Normas Oficiales Mexicanas **NOM-085-SEMARNAT-2011**, contaminación atmosférica-niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición y **NOM-043-SEMARNAT-1993**, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas

6.4.2.3.5. Emisiones de gases del proceso

Las emisiones de HCN, es un evento improbable y de presentarse no se esperan efectos irreversibles al medio natural.

Aunque el impacto se identifica para la planta **SART**, el **HCN** es común en los procesos mineros, de galvanoplastia, producción de plásticos, etc. De hecho, en la minería es donde se tiene los menores riesgos.

Desde el patio, en las partes superiores de la pila predomina el ambiente oxidante. La "elevada" permeabilidad de la misma pila, que es una exigencia básica para que se produzca la lixiviación, asegura **una razonable circulación de aire**. Además, el oxígeno disuelto en cualquier precipitación que se infiltre en el sistema ayuda a mantener "**oxidante**" el ambiente geoquímico. Ya en la pila de lixiviación pueden presentarse diversas reacciones como entre el agua y el ion cianuro (hidrólisis) que da lugar a la formación de cianuro de hidrógeno molecular (HCN), esta reacción depende en gran medida del pH. Para los valores bajos de pH el cianuro de hidrógeno es la especie dominante. Para un pH de 7, el 99% del cianuro se halla en forma de HCN. **La mayor parte de las pilas tiene un pH operacional de aproximadamente 10.5**. La oxidación del HCN o del CN- está generalmente restringida a las partes altas oxidadas del entorno de la pila. La oxidación del HCN produce cianato de hidrógeno. El cianato de hidrógeno y los iones de cianato son menos tóxicos que el HCN. Dentro del entorno de la pila, el HCN y el CON- se hidrolizan fácilmente para formar amoniaco y bióxido de carbono que se desprenden del sistema en forma de gases. El amoniaco generado puede formar compuestos amónicos u oxidarse para formar nitratos, dependiendo del pH., de esta manera, la oxidación de HCN o de CN- rebaja el contenido global de cianuro del sistema.

Para la formación del gas se identifican dos factores principales que regulan la volatilización. **El primero es el pH de la disolución, que regula la hidrólisis del cianuro a HCN**. El segundo factor es la existencia de un camino continuo para el vapor por el cual puede emigrar el vapor de HCN desde la disolución de cianuro.

Para evitar que se presente el impacto, las medidas propuestas consisten básicamente en implementar un **Plan Para el Manejo del Cianuro** que contenga:

- Procedimientos diseñados para prevenir o controlar exposiciones y escapes durante actividades de manipulación del cianuro. Estos procedimientos deben ser en la forma de un manual de operaciones, procedimientos operativos convencionales, listas de verificación, documentos de capacitación u otros formatos escritos.
- Los procedimientos deben incluir instrucciones para operar todas las válvulas y los acoplamientos, y los requisitos para el uso de equipos de protección personal. Los procedimientos para manejar cianuro sólido deben incluir medidas para garantizar que los recipientes no se rompan ni perforen. Los procedimientos de mezclado deben incluir técnicas para minimizar la generación de gas de cianuro de hidrógeno, prevenir la pérdida de cianuro sólido y garantizar que la manipulación y la eliminación de recipientes vacíos de cianuro se realice en concordancia con el Código.
- Contar con procedimientos de contingencia para responder ante incidentes de escapes y de exposición de trabajadores que puedan ocurrir durante la manipulación.
- El pH del agua de mezclado, suficientemente alto para minimizar la generación de gas de cianuro de hidrógeno. El pH exacto requerido en la operación dependerá de la concentración de cianuro en la solución, de la composición química del agua y de los controles de ingeniería incorporados a los sistemas.

6.4.2.3.6. Monitoreo de Partículas Sólidas (PM10)

Actualmente en el proyecto **“Cerro del Gallo”**, se desarrollan actividades de construcción y operación del Proyecto, por lo cual se observa movimientos de tierra y la operación de maquinaria, no obstante, no se percibe la presencia ostensible de sólidos suspendidos en el aire, ya que los generados por las actividades actuales son suprimidos mediante riegos de las áreas de operación y los provienen de maquinaria y equipo son despreciables.

En el caso del circuito de trituración, se cuenta con un sistema supresor de polvos, el cual consiste en espreas ubicadas en sitios específicos que inyectan agua al mineral para disminuir la generación de partículas suspendidas. Sin embargo, existen otras fuentes de emisión consistentes en bancos de materiales que opera aledaña a la Población de San Antón De Las Minas estado de Guanajuato, así como los vehículos de los pobladores del sitio, los cuales no toman una estrategia para el control de polvos.

Las partículas respirables (PM10), incluyen a todas las partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm. Pueden estar compuestas por aerosoles, polvos, metales, productos de combustión, o bien microorganismos como protozoarios, bacterias, virus, hongos y polen.

En México existen normas de calidad del aire las cuales establecen las concentraciones máximas de contaminantes en el ambiente que no debieran ser excedidas con determinada frecuencia, a fin de garantizar la protección de la salud de la población, entre los contaminantes normados están las partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros de diámetro (PM10 y PM2.5); además de ser obligación de los municipio y estados verificar a través del monitoreo de calidad del aire que estas se cumplan.

Para el diseño, instalación y operación de la red de monitoreo, objetivo principal del presente proyecto tomaremos como referencia las siguientes Normas Oficiales Mexicanas.

- **NOM-025-SSA1-1993**, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.
- **NOM-035-SEMARNAT-1993**, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

6.4.2.3.6.1. Criterios para ubicación de los puntos de monitoreo

El Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (CFR 40) establece los criterios de representatividad para la localización de los sitios de muestreo de partículas respirables PM_{10}, de la siguiente manera:

Condicionantes para colocar el muestreador:

- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2-15 m.
- Distancia al árbol más cercano: > 20 m de la circunferencia que marca el follaje o las raíces, y por lo menos 1O m, si los árboles actúan como un obstáculo.
- La distancia del muestreador a obstáculos como edificios, deberá de ser de por lo menos el doble de la altura que sobresale el obstáculo sobre el muestreador. Se recomienda un radio libre de 10 m.
- Deberá de tener un flujo de aire sin restricciones de 270° alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo.
- No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos. Se recomiendan 20 m de distancia del sitio de muestreo.
- La distancia a las carreteras/caminos deberá de ser de 2 a 10 m del borde de la línea de tráfico más cercana.

Aspectos para el sitio de muestreo

- Fácil acceso, para visitas regulares de inspección, mantenimiento, calibración, etc.
- El libre acceso para la toma de muestra en fines de semana, días festivos y horarios fuera de oficina.
- Seguridad contra vandalismo.
- El resguardo de equipos
- Infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica. (el equipo a utilizar maneja alimentación eléctrica: 11OV/60Hz).

- Libre de obstáculos que afecten el flujo del aire en las cercanías del muestreador (edificios, árboles, balcones, etc.)
- En la localidad, localizar la estación de muestreo dentro de la zona habitacional y que no esté influenciada directamente por alguna fuente de área local (como las secantes de grafito).

Por otra parte, es importante considerar durante el diseño del muestreo, los consumibles (filtros de fibra de cuarzo, guantes, cubre bocas), refacciones del equipo (motor, escobillas de carbón, graficas, lubricante) y herramienta (desarmador, pinzas para filtros, brocha) que se utilizaran para la instalación y desarrollo del muestreo. Cabe mencionar que la mayoría de estos son para cumplir con los criterios de control de calidad establecidos para garantizar el buen manejo de las muestras y operación de los equipos. Los sitios de muestreo se elegirán tomando en cuenta las especificaciones ya descritas, así como la ubicación de las fuentes generadoras de polvo (área de minado, caminos y quebradora principalmente) y la disponibilidad de equipo de monitoreo, que en nuestro caso contaremos con una unidad Muestreador de Aire High-Vol PM-10 con control de flujo volumétrico.

El arreglo de los puntos de muestreo, debe cumplir perfectamente con lo establecido al artículo 17 fraccion V del Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, que cita lo siguiente:

> **ARTÍCULO 17.-** Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a:
>
> V.- Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaria.

Memoria Técnica descriptiva

En cuanto a la calendarización y determinación del número de monitoreos en la NOM-025-SSA1-193, en el punto 5.4.2 Cantidad de datos necesaria para la evaluación de la observancia de la Norma, se establece lo siguiente.

> *"Para poder verificar la observancia de esta Norma, se requerirá de un mínimo de datos en un año. Este mínimo se evalúa a partir de la cantidad de muestras de 24 horas válidas obtenidas en cada uno de los cuatro trimestres del año (ver tabla 2). Para cada trimestre, se requerirá de un mínimo de 75% de muestras válidas. Dato que con los sitios donde el monitoreo no se realice diariamente, se tomará como base el número de muestreos calendarizados para dicho período.*
>
> *Si la cantidad de muestras es menor, se invalidará el trimestre correspondiente. Para la validación del año, es necesario contar con al menos tres trimestres válidos que cumplan con el número de muestras válidas ya especificado, en caso contrario, no* podrá evaluarse el cumplimiento de la norma para ese año".

Tabla VII. 11. Criterios de calidad de los datos de monitoreo

Trimestre	Meses
1	Enero, febrero, marzo
2	Abril, mayo, junio
3	Julio, agosto y septiembre
4	Octubre, noviembre, diciembre

Una vez elegidos los puntos y establecida la cantidad de datos necesaria para la evaluación de la observancia de la Norma, se establece un calendario de monitoreo. Cada muestreo se hará bajo el procedimiento de la **NOM-035-SEMARNAT-1993**, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

Especificaciones del equipo

El muestreo de las partículas respirables se realiza mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen PM10, el cual se basa en el principio de impactación inercial para clasificar las partículas según el tamaño deseado. El equipo consiste en un conjunto de tubos inyectores circulares que se colocan en un plato de impactación. Las dimensiones del impactador, permiten que las partículas de diámetro menor o igual a 10 micrómetros sigan las líneas de la corriente de flujo de aire, dirigiéndose a los tubos inyectores, mientras que las partículas mayores, con suficiente inercia, se salgan de las líneas de corriente y se impacten contra el plato. Las partículas menores son depositadas en un filtro de cuarzo.

Figura VII. 3. Muestreador de aire HIGH VOL PM10 con control de flujo volumétrico

El equipo consta básicamente de un compartimiento de impactación, una bomba de succión, un portafiltros, un registrador del flujo (también puede ser un controlador de flujo) y un programador de tiempo de muestreo. El equipo que estaremos utilizando, tiene las siguientes especificaciones técnicas.

Prácticas de mejoramiento de gestión:

Adicional a las actividades señaladas en la Tabla anterior, se implementan las mejores prácticas que a continuación se enuncian, esto para contribuir a minimizar y controlar las emisiones de polvo:

Caminos sin pavimentar

1. El tráfico de los trabajadores de la mina, será restringido a designados para cada área de trabajo.
2. El tránsito en caminos que no estén incluidos en el programa de riegos solo será autorizado para casos específicos.
3. El tráfico hacia los tajos y los depósitos superficiales de tepetate, será restringido a los caminos predeterminados para tal fin.
4. La velocidad de circulación también será restringida a un nivel adecuado en todos los caminos.
5. Todos los caminos de acarreo y de interconexión entre áreas serán considerados como "áreas con alto potencial de emisión de polvos· y, como tales, serán prioritarias en cuanto al control utilizando ya sea riego o grava.
6. Uso de supresores químicos

La utilización de supresores químicos para el polvo en áreas de quebradora, es aplicada de acuerdo a las indicaciones del proveedor, aún se está probando cuál de los productos disponibles en el mercado es la mejor opción para nuestro material.

6.4.3. Programa de Monitoreo del ruido

Aunque el ruido no puede considerarse como un elemento del sistema ambiental, se incluye en razón de los daños que puede ocasionar a la vida silvestre; en particular a la fauna terrestre.

Por la evaluación de los impactos ambientales realizada para el proyecto; se identificaron tres interacciones que provocarían impactos ambientales negativos moderados. El consignado como "**Ru-01** *Por la generación de ruido en niveles superiores a los típicos del sitio, desplazamiento de los individuos de fauna resultando en estrés, desórdenes alimenticios, reproductivos y abandono de crías*", puede presentarse durante la actividad "**Conformación de la tepetatera**".

El segundo identificado como "**Ru-02** *Por la distribución temporal y espectro del ruido producido por voladuras; desplazamiento de poblaciones que comparten el hábitat con los humanos (ej. Aves, pequeños mamíferos, reptiles, etc.), resultando en el deterioro de las relaciones entre disponibilidad/demanda de alimentos*", es el de mayor importancia y se presentará en las actividades "**Descapote del tajo (manejo de explosivos) y Minado del tajo**".

Las medidas que se integrarán en el **Programa de Medidas de Mitigación o Correctivas**, se listan en los siguientes incisos:

- Por el descapote y minado del tajo (voladuras), se producirán los mayores niveles de ruido; los factores principales que afectan a los niveles de vibración resultantes de la detonación de una carga de explosivo son dos: **la distancia** y **el tamaño de la carga del explosivo detonado a un tiempo**. Por ello el diseño de voladura se realizará con base en un estudio de la roca, para evitar las cargas confinadas, análisis de barrenos verificar cálculos en las voladuras.

- A fin de disminuir el ruido por la descarga de tepetate, la actividad (ya comentada) se realizará en alturas de 10 m (máximo), se construirán banquetas a esa altura (intermedias) en la tepetatera.

Para la quebradora, se mantendrá el control de tamaño de roca en el tajo, diseño de bases de concreto armado e instalación fija de las quebradoras primarias y secundarias; encapsulamientos en la alimentación.

6.4.3.1. Metodología de la Medición:

Como lo establece Norma Oficial Mexicana (NOM-081-SEMARNAT-1994), que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: un reconocimiento inicial, una medición de campo, un procedimiento de datos de medición y elaboración de informe de medición.

Se deberá aplicar la metodología y recomendaciones establecidas en la NOM-081-SEMARNAT- 1994 en relación a:

- Especificaciones
- Descripción de las actividades potencialmente ruidosas
- Mediciones continuas
- Mediciones semicontinuas
- Ubicación de puntos de medición
- Medición de ruidos de fondo

- Y lo aplicable en materia de monitoreo de ruido establecido en la mencionada Norma

6.4.3.2. Evaluación de la Calidad del Ruido Ambiental

La evaluación de la calidad de ruido ambiental se realiza en base a los límites máximos permisibles para los horarios señalados en la **NOM-081-SEMARNAT-1994**.

Tabla VII. 12. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Horario	LMP
06:00 a 22 hrs	68dBA
22:00 a 06:00 hrs	65dBA

6.4.3.3. Fuentes de afectación de los niveles de ruido ambiental

De acuerdo a la naturaleza de nuestras actividades mineras, la fuente principal de potencial afectación de los niveles de ruido ambiental en la zona de influencia de las actividades viene dada por la actividad de voladura seguida por las actividades de trituración primaria y secundaria.

La utilización de maquinaria pesada y operación de equipos son fuente de ruidos localizados, aunque por períodos de tiempo limitados, así como I generación de ruido por fuentes móviles proviene principalmente del tránsito de vehículos que abastecen las diversas materias primas para las actividades de la empresa.

6.4.3.4. Ubicación de los puntos de monitoreo

Al igual que para otros parámetros que más adelante se describen y otros que anteriormente ya se describieron, se establecieron 3 puntos de muestreo para el monitoreo de ruido ambiental los cuales se muestran en el programa de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire.

6.4.3.5. Parámetros de control

Tal como se establece en la **NOM-081-SEMARNAT-1994** se determinan que el nivel sonoro de la fuente fija es contaminante si el nivel sonoro que resulte de la determinación supera el límite máximo permisible correspondiente al que se establece en la Tabla VII.11 Límites máximos permisibles.

6.4.3.6. Frecuencia y duración

El monitoreo de la calidad del ruido se realizará con una frecuencia anual durante toda la vida útil del proyecto para la reactivación de los procesos minero metalúrgicos en el proyecto **"Cerro del Gallo"**, municipio de Dolores, estado de Guanajuato.

6.4.4. Programa de Conservación y Retención de Suelos (PCRS)

Por los cambios en la geomorfología del sitio, en virtud de la preparación del sitio y construcción de las obras que se pretenden en el proyecto **"Cerro del Gallo"**, la evaluación del impacto ambiental resultó en **6 impactos negativos todos moderados**. El de mayor importancia (-47) se describió como "**Ge-01** *Por la modificación a la geoforma, modificación la relación actual del relieve, resultando en la modificación de la velocidad y distribución espacial de los agentes meteóricos (agua y aire)*", y se presentaría durante las actividades de **conformación de la tepetatera y acomodo de mineral en camas**. Ese mismo impacto, **pero con menor intensidad**, se presentará en las actividades para el **descapote del tajo** (manejo de explosivos) y el **minado del tajo**. El segundo impacto identificado como moderado por los cambios geomorfológicos, se describió como "**Ge-03** *Un diseño de ingeniería de la infraestructura deficiente y la presencia de sismos y/o practicas operativas no deseables, resulta en deslizamientos y derrumbes en taludes, que afectan la geoforma prevista, repercutiendo en la configuración planeada para restaurar los elementos ambientales (agua, suelo, vegetación, flora y fauna)*" se presentaría durante las actividades de **minado del tajo** y **lixiviación del mineral en la plataforma**.

Por su parte, el recurso suelo puede ser receptor de **2 impactos Severos** y **9 Moderados**. Los primeros se dividen en dos por su efecto: "**Su-01** *Por el derribo de vegetación, exposición del suelo a los elementos meteóricos, resultando en el incremento de la tasa actual de erosión en el SAR y truncando en el área del proyecto, los procesos que permiten la permanencia de los ciclos biogeoquímicos*"; *Contaminación química del suelo por efluentes ácidos (pH<4 UpH) y por metales y metaloides lixiviados, generados en la mina y/o los depósitos de residuos*" el primero y se refiere a la pérdida del recurso, diferenciándose en que el desmonte es planeado, mientras el segundo se presentaría por un cierre y monitoreo deficiente.

6.4.4.1. Objetivos

6.4.4.1.1. Objetivo General

Plantear el desarrollo de un programa de protección y conservación de suelos y agua en las zonas de influencia del proyecto.

6.4.4.1.2. Objetivo Específicos

- Instrumentar medias de conservación de suelo que evite la pérdida por erosión: hídrica y eólica.

- Favorecer la infiltración y recarga de los mantos acuíferos de la zona.

- Confinar el suelo fértil removido de las áreas de CUSTF para su posterior utilización en el cierre de actividades mineras.

- Enriquecer las zonas destinadas a la construcción de obras de conservación de suelo y agua para el rescate y reubicación de las especies vegetales provenientes de las áreas autorizadas al Cambio de Uso del suelo.

- Mantener el programa de conservación de suelos de toda el área que se tiene concesionada o que es de la propiedad de la empresa.

- Proporcionar el mantenimiento de las obras realizadas.

6.4.4.2. Descripción de las obras.

La descripción, el diseño tentativo y las actividades correspondientes a su construcción se describen a continuación:

6.4.4.2.1. Presas filtrantes de piedra acomodada.

Son estructuras construidas con piedras acomodadas, las cuales se colocan transversalmente a la dirección del flujo de la corriente, y se utilizan para el control de la erosión.

Objetivos:

- Controlar la erosión
- Reducir la velocidad del escurrimiento
- Retener azolves

Beneficios:

- Retienen suelo
- Estabilizan lechos
- Permiten el flujo normal de escurrimientos superficiales

La construcción de este tipo de presas ha sido una de las prácticas de conservación de suelos más utilizadas para el control de azolves, debido a su facilidad de construcción y la disponibilidad de materiales.

Una vez identificados los lugares apropiados para la construcción de este tipo de presas y verificado la disponibilidad del material de construcción se procede a la realización de los siguientes pasos:

- Diseño

- Cimentación o empotramiento
- Construcción del muro
- Diseño del vertedor
- Formación de la presa
- Distribución en campo

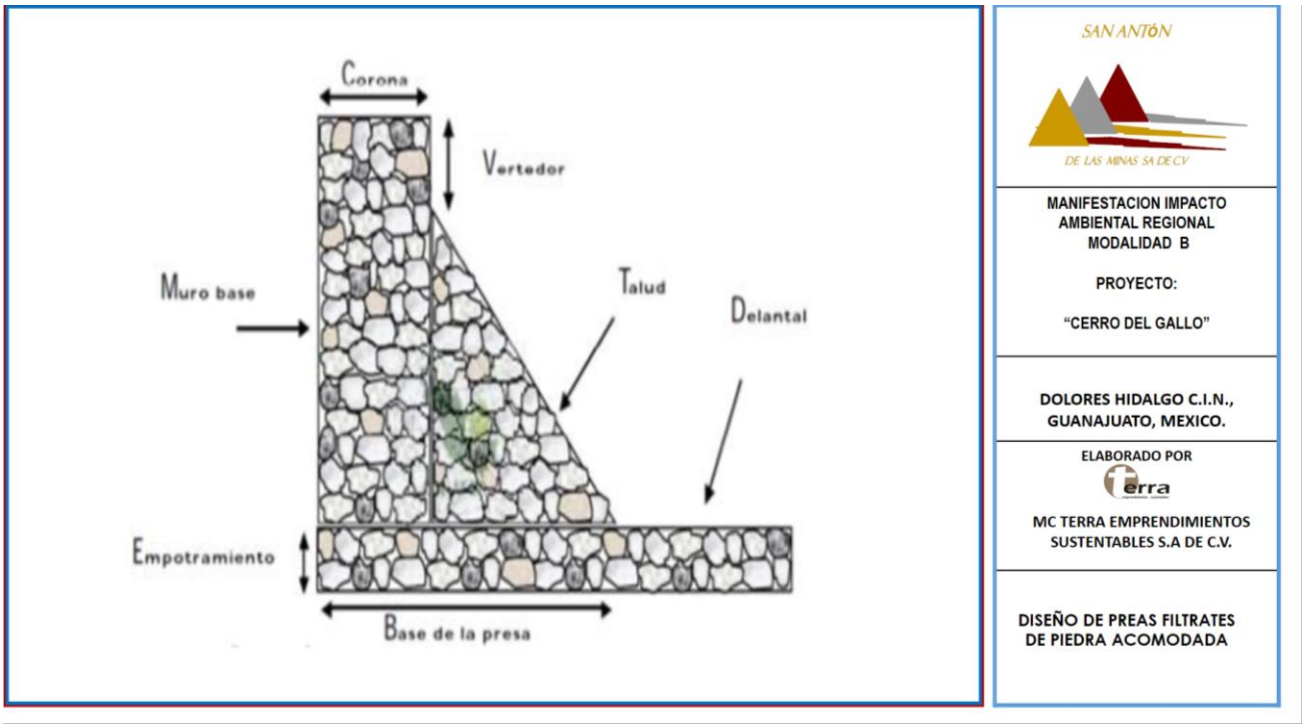
6.4.4.2.1.1. Diseño.

Las dimensiones de una presa de piedra acomodada, dependen de la pendiente o grado de inclinación que presente la cárcava o la corriente intermitente en donde se planea construirlas. La construcción de estas obras se recomienda en áreas con pendientes moderadas, en donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen. En promedio las presas miden entre 1.5 y 2 metros de altura por lo que en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión solo se construirán hasta este límite. En cuanto a su ancho deberán ubicarse de preferencia en sitios no mayores a 4 metros (CONAFOR 2004). Es conveniente asegurar que la estructura sea lo más resistente a volcaduras provocadas por las corrientes de agua que impactan las paredes, por lo que se recomienda fijar adecuadamente.

6.4.4.2.1.2. Cimentación o empotramiento.

La actividad inicial para la construcción de la presa es la excavación de una zanja en el fondo y partes laterales para obtener el llamado empotramiento o cimentación. Dependiendo de las dimensiones de la presa se establece la profundidad de la zanja, la cual se recomienda sea de un tercio de la presa y con un ancho ligeramente mayor a que el grosor de la misma. Es conveniente que el fondo de la zanja este bien nivelado para evitar deslizamientos del material.

Figura VII. 4. Diseño de presas filtrantes de piedra acomodada



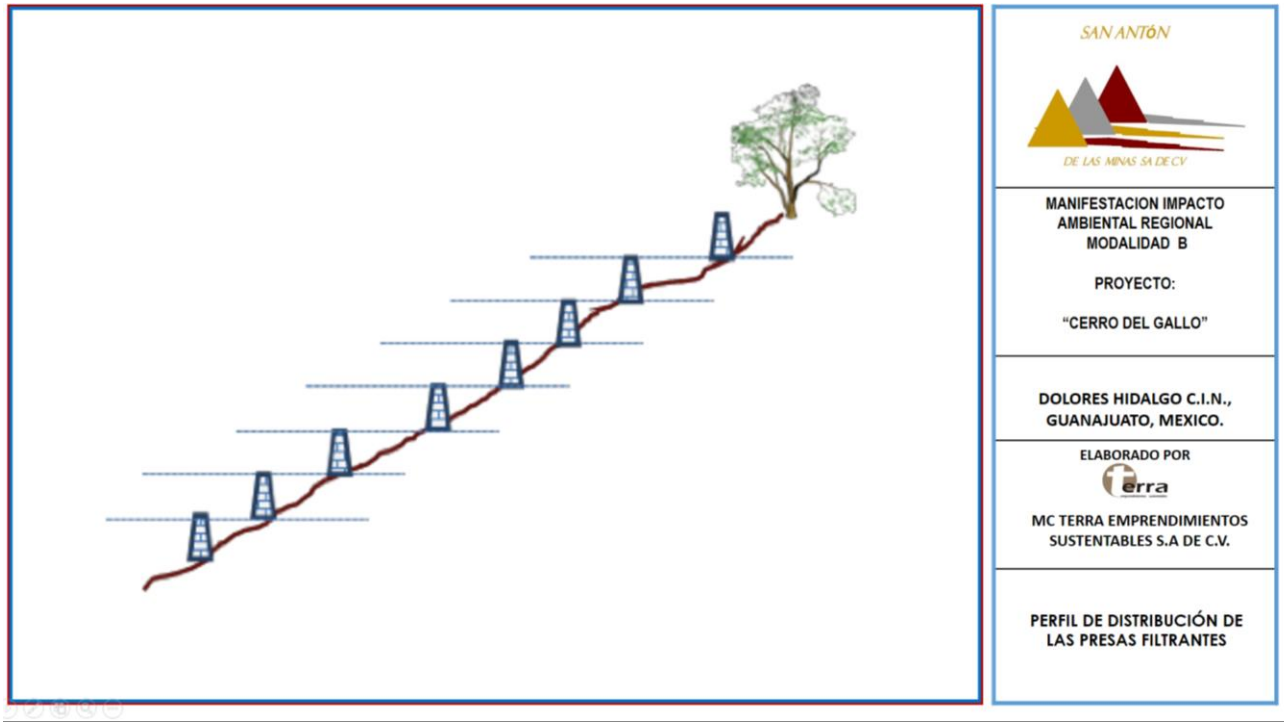
6.4.4.2.1.3. Formación de la presa.

La construcción de la presa consiste en el acomodo de piedras para formar una barrera o trinchera que servirá para controlar la erosión filtrando el agua de los escurrimientos y retener los azolves. Con el fin de que la presa retenga la mayor cantidad de sedimentos debe procurarse que entre las piedras acomodadas no queden grandes espacios o que estos sean cubiertos con piedras pequeñas entre los mismos.

6.4.4.2.1.4. Diseño del vertedor

Durante la construcción del muro debe formarse el vertedor, el cual es una sección rectangular sin piedras que sirve para controlar el paso de los volúmenes de agua; puede consistir en una sección más baja que el resto de la presa ubicada en la parte central o ligeramente desviada hacia un costado de esta por donde pase la corriente principal.

Figura VII. 5. Perfil de distribución de las presas filtrantes



6.4.4.2.1.5. Construcción del delantal

Para proteger el fondo de la cárcava de la erosión hídrica provocada por la caída del agua que pasa por el vertedor y mantener la estabilidad de la presa se recomienda construir un delantal con piedra acomodada aguas abajo.

6.4.4.2.1.6. Propuesta técnica

Este proyecto establece como meta la construcción de 20 presas filtrantes de piedra acomodada, las cuales serán construidas dentro de escurrimientos superficiales y arroyos intermitentes que a simple vista dejan ver la formación de cárcavas por lo que mediante estas acciones se busca detener y evitar su crecimiento. La distancia entre presas filtrantes, será el nivel que marca la altura efectiva de la presa anterior.

6.4.4.2.2. Presas gaviones.

Las presas de gaviones son estructuras permanentes, flexibles y permeables construidas a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los

cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye la presa de control. Las mallas de alambre que forman el gavión presentan la forma de un hexágono entrelazado con triple torsión y de peso por metro cúbico de gavión constante.

Las presas de gaviones consisten en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre de triple torsión, rellena de piedras. Este tipo de presa es de bajo costo y larga duración. Sirve como protección contra la erosión. Sus dimensiones pueden ser variadas dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas con alturas mayores de 2.0 metros.

Figura VII. 6. Presas de gaviones

Objetivos

- Reducir la erosión hídrica

- Disminuir la velocidad del escurrimiento y reducir su poder erosivo

- Evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas

- Retener y favorecer la infiltración del agua de lluvia

Beneficios

- Retienen azolves y evitan que suelos infértiles se depositen sobre terrenos fértiles

- Evitan el azolvamiento de los vasos de almacenamiento, canales y otras obras hidráulicas

- Estabilizan en forma casi total el fondo de la cárcava

- Favorecen la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos

- Favorecen la retención temporal de agua para consumo animal

6.4.4.2.2.1. Consideraciones para el diseño de la presa de gaviones

El diseño de las presas de gaviones tiene por objeto conocer el dimensionamiento más adecuado de los tendidos que forman el cuerpo de la obra y la estabilidad de los mismos. Para el diseño de la presa básicamente se consideran los siguientes puntos:

- Determinar las secciones transversales de la cárcava donde se desea llevar a cabo la construcción, las cuales deben dibujarse a escala 1:100 preferentemente.

- Determinar la curva de áreas y capacidades con el fin de cuantificar los volúmenes de agua y sedimentos que se almacenaran aguas arriba de la presa.

- Estimar el escurrimiento máximo que tiene lugar en la cuenca de la cárcava (área de recepción) a fin de diseñar la capacidad máxima del vertedor.

- Diseñar el vertedor para satisfacer la capacidad de descarga del escurrimiento máximo.

- Considerar los empotramientos mínimos requeridos en ambas márgenes de la cárcava para evitar filtraciones que debiliten la seguridad de la obra.

- Proporcionar un colchón amortiguador a fin de evitar el golpe de la caída del agua sobre el piso aguas abajo de la obra en el momento de verterse, evitando la socavación del lecho y el deterioro de las paredes laterales. Considerar el volumen total de excavación que la construcción demande, así como la dureza del suelo y las condiciones físicas del lecho de la cárcava.

6.4.4.2.2.2. Propuesta técnica de la presa de gaviones

Este proyecto establece como meta la construcción de 6 presas gaviones, las cuales serán construidas dentro de escurrimientos superficiales y arroyos intermitentes que a simple vista dejan ver la formación de cárcavas por lo que mediante estas acciones se busca detener y evitar su crecimiento.

6.4.4.2.3. Presas geocostales.

Son estructuras de geocostales (geotextiles) que se ordenan en forma de barreras o trincheras, colocándose en contra de la pendiente para el control de la erosión en cárcavas

Figura VII. 7. Presa de geocostales

Objetivos

- Controlar la erosión hídrica
- Reducir la velocidad de escurrimiento
- Detener azolves

Beneficios

- Estabilizan el fondo de cárcavas a corto plazo
- Favorecen la acumulación de sedimentos
- Protegen obras de infraestructura rural

6.4.4.2.3.1. Elementos de diseño

El diseño de presas con geocostales comprende las siguientes actividades:

a) Localizar cárcavas pequeña
b) Medición de las cárcavas
c) Adquirir materiales (geocostales)

d) Construir zanja para el empotramiento e) formar la barrera de geocostales
e) Calcular espaciamiento entre presas

6.4.4.2.3.2. Localización de cárcavas

Las presas de geocostales se recomiendan para el control de la erosión en cárcavas menores de 1m de profundidad, con pendientes máximas de 35% donde el escurrimiento superficial no es de gran volumen.

6.4.4.2.3.3. Medición de las cárcavas

Es conveniente calcular la profundidad y el ancho de las cárcavas o barrancas para estimar la cantidad de geocostales que se requerirán en la construcción de la presa. Las medidas de cada geocostal son de 50 cm de ancho x 75 cm de altura. Para formar un m^3 se requieren veinte geocostales.

6.4.4.2.3.4. Construcción de zanja para el empotramiento de la presa

En cárcavas con pendientes de 10% a 35 % es conveniente construir una zanja de 1.5 m de ancho x 40 cm de profundidad, en forma transversal, para insertar en ella las primeras hileras de costales base. El suelo extraído en la construcción de la zanja se puede utilizar para llenar los geocostales. Para cárcavas pequeñas (menores a un metro) con pendientes menores del 10% no se requiere formar zanjas para empotrar la presa; es suficiente despalmar el fondo de la cárcava a donde se establecerá la estructura.

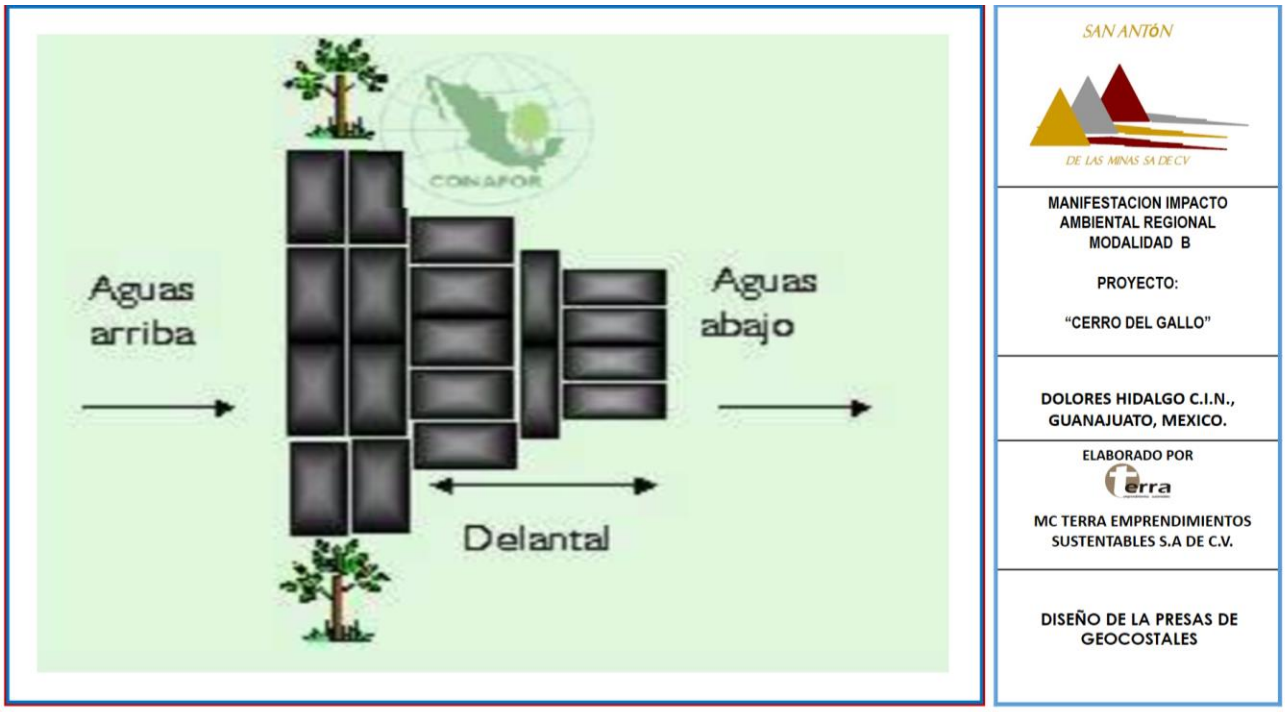
6.4.4.2.3.5. Construcción de la presa

La construcción consiste en acomodar costales llenos de tierra para formar una barrera o trinchera transversal a la cárcava que se quiere estabilizar. En el proceso de construcción de la presa es conveniente colocar los costales llenos de tierra en forma intercalada para lograr mayor estabilidad en la estructura. Durante su formación es necesario crear un vertedor en el centro de la barrera, con el fin de evitar que las corrientes de agua que llegan a la presa impacten en las paredes de la cárcava, la socaven y provoquen desequilibrio o mal funcionamiento de la obra.

La construcción del vertedor se diseña con los mismos geocostales durante la formación de la barrera.

Otro aspecto importante a considerar es la construcción de un delantal o estructura de protección en el fondo de la cárcava aguas abajo; esto ayudará a que las crecientes de agua que atraviesan por la presa no tengan caída directa en el fondo de la cárcava y proporcionen mayor estabilidad a la obra. Para lograr mayor eficiencia en la obra es conveniente que la altura efectiva de las presas de geocostales no exceda de un metro.

Figura VII. 8. Diseño de la presa de geocostales con delantal



La siembra o plantación de especies vegetales sobre los sedimentos acumulados aguas arriba, además de la vegetación natural que aparecerá sobre el material de la presa, ayudarán a estabilizar la cárcava en menor tiempo.

La apertura de la malla (0.212 mm= malla No 70) de los geocostales permite el crecimiento de vegetación inducida (siembra de pastos) o natural que posteriormente se integra al paisaje y le da mayor estabilidad a la estructura.

6.4.4.2.3.6. Propuesta técnica de las presas de geocostales

Este proyecto establece como meta la construcción de 22 presas geocostales, las cuales serán construidas dentro de escurrimientos superficiales y arroyos intermitentes que a simple vista dejan ver la formación de cárcavas por lo que mediante estas acciones se busca detener y evitar su crecimiento.

6.4.4.2.4. Fosas de sedimentación (Tinas ciegas).

Las tinas ciegas son zanjas rectangulares de 2 m de longitud, 0.5 m de base y 0.5 m de profundidad, y un volumen de captación de agua de 0.5 m3 por tina, construidas siguiendo las curvas de nivel, que captan la escorrentía y conservan la humedad para los árboles o plantaciones forestales. Las tinas pueden construirse en forma continua a través de toda la ladera, sobre distancias más cortas, o para plantas individuales.

Las tinas ciegas tienen como objetivo principal la recarga de mantos acuíferos para mantener la humedad en el suelo y fomentar el desarrollo de la vegetación natural, reducir la velocidad del escurrimiento superficial, así como utilizar las líneas de tinas como brechas cortafuego. Para conocer la distribución de las tinas en el terreno y la separación entre líneas de tinas, es necesario conocer el volumen de escurrimiento que se genera en la zona. Para estimar el escurrimiento medio se puede utilizar el método racional o el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), que considera el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal, la condición de humedad antecedente y la lluvia máxima en 24 horas para un periodo de registro determinado.

Objetivos

- Control de la erosión hídrica para evitar riesgos de erosión severa que produzcan mayores pérdidas de suelo y arrastre a las partes bajas de la cuenca.

- Control de los escurrimientos en forma ordenada disminuyendo el riesgo de avenidas que generen inundaciones con las consiguientes pérdidas económicas.
- Almacenamiento de agua para la recarga que permita aportar cantidad y calidad a los mantos acuíferos
- Favorecer la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo para el uso de las plantas o de los cultivos forestales.
- Prevenir las avenidas torrenciales o movimientos en masa del suelo.
- Controlar la erosión en laderas con cobertura vegetal deteriorada que requieren repoblación.

6.4.4.2.5. Ubicación de las obras de conservación de suelos

En la figura y tablas siguientes se muestran los sitios propuestos para realizar las obras de retención y conservación de suelos, denominados sitios de compensación ambiental.

Tabla VII. 13. Sitio 1 para compensación ambiental

Sitio 1 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	287807.95	2332603.33	22	288182.48	2332614.45
2	287791.99	2332574.25	23	288184.05	2332639.47
3	287803.83	2332565.41	24	288199.69	2332667.62
4	287838.04	2332566.42	25	288246.16	2332717.75
5	287932.28	2332555.97	26	288282.28	2332851.43
6	288010.07	2332527.31	27	288224.08	2332916.25
7	288085.56	2332497.22	28	288168.72	2332911.87
8	288083.93	2332466.83	29	288150.35	2332929.76
9	288079.81	2332429.60	30	288121.63	2332935.22
10	288082.36	2332393.37	31	288108.13	2332928.15
11	288082.00	2332393.00	32	288094.00	2332892.00
12	288080.88	2332351.03	33	288064.00	2332848.00
13	288087.99	2332322.00	34	288044.00	2332843.00
14	288112.11	2332338.37	35	288021.52	2332844.57
15	288091.54	2332371.59	36	287980.05	2332861.35
16	288092.34	2332393.55	37	287932.32	2332867.29
17	288089.79	2332429.40	38	287914.86	2332827.18
18	288093.89	2332466.01	39	287878.48	2332760.27
19	288095.28	2332493.11	40	287854.53	2332731.87
20	288170.75	2332575.42	41	287833.46	2332671.97
21	288160.83	2332579.39	42	287827.81	2332628.96

Tabla VII. 14. Sitio 2 para compensación ambiental

Sitio 2 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288122.66	2332066.51	13	288590.73	2332531.73
2	288233.01	2332080.26	14	288484.05	2332537.23
3	288516.52	2332231.09	15	288320.00	2332484.00
4	288609.91	2332340.96	16	288324.67	2332452.60
5	288732.92	2332385.82	17	287991.84	2332248.05
6	288642.43	2332478.23	18	287955.29	2332234.90
7	288993.39	2332703.07	19	287914.31	2332183.82
8	288973.94	2332742.83	20	287936.53	2332157.60
9	288985.60	2332809.79	21	287937.71	2332136.86
10	288889.14	2332801.27	22	288080.62	2332103.72
11	288791.00	2332701.06	23	288122.66	2332066.51
12	288768.98	2332596.94			

Tabla VII. 15. Sitio 3 para compensación ambiental

Sitio 3 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288060.90	2332073.35	4	288339.11	2331801.72
2	288081.20	2331645.43	5	288229.69	2331894.01
3	288307.94	2331664.38	6	288208.50	2332048.93

Tabla VII. 16. Sitio 4 para compensación ambiental

Sitio 4 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288419.67 m E	2331233.08 m N	8	288479.12 m E	2330670.91 m N
2	288205.13 m E	2331111.55 m N	9	288563.29 m E	2330693.00 m N
3	288064.22 m E	2330968.81 m N	10	288618.70 m E	2330661.42 m N
4	288216.38 m E	2330901.83 m N	11	288880.59 m E	2330574.51 m N
5	288313.17 m E	2330830.44 m N	12	288896.70 m E	2331006.39 m N
6	288322.30 m E	2330738.99 m N	13	288419.67 m E	2331233.08 m N
7	288389.55 m E	2330714.67 m N			

Tabla VII. 17. Sitio 5 para compensación ambiental

Sitio 5 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	289828.48 m E	2330196.04 m N	32	289093.40 m E	2330927.22 m N
2	289828.48 m E	2330196.04 m N	33	289212.51 m E	2330910.02 m N
3	289835.49 m E	2330199.05 m N	34	289427.32 m E	2330881.43 m N
4	289834.43 m E	2330214.05 m N	35	289464.57 m E	2330835.54 m N
5	289892.46 m E	2330257.05 m N	36	289486.08 m E	2330826.31 m N
6	289921.44 m E	2330288.05 m N	37	289516.56 m E	2330787.50 m N
7	289937.50 m E	2330292.06 m N	38	289542.19 m E	2330767.35 m N
8	290004.46 m E	2330334.05 m N	39	289542.44 m E	2330754.72 m N
9	290118.47 m E	2330406.04 m N	40	289583.89 m E	2330678.80 m N
10	290139.26 m E	2330430.49 m N	41	289582.40 m E	2330668.02 m N
11	290121.11 m E	2330425.48 m N	42	289582.00 m E	2330668.00 m N
12	290101.05 m E	2330417.39 m N	43	289590.75 m E	2330654.02 m N

Sitio 5 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
13	290085.32 m E	2330415.08 m N	44	289593.40 m E	2330641.83 m N
14	290074.87 m E	2330418.93 m N	45	289600.00 m E	2330635.55 m N
15	290055.34 m E	2330436.54 m N	46	289614.53 m E	2330603.76 m N
16	290055.00 m E	2330436.00 m N	47	289676.82 m E	2330506.93 m N
17	289998.76 m E	2330564.65 m N	48	289668.85 m E	2330452.67 m N
18	289974.32 m E	2330629.66 m N	49	289676.74 m E	2330394.43 m N
19	289959.70 m E	2330665.09 m N	50	289663.34 m E	2330362.54 m N
20	289942.87 m E	2330699.22 m N	51	289663.34 m E	2330362.54 m N
21	289923.44 m E	2330724.05 m N	52	289679.33 m E	2330360.77 m N
22	289706.69 m E	2330894.94 m N	53	289701.80 m E	2330346.08 m N
23	289559.91 m E	2330926.97 m N	54	289721.69 m E	2330324.18 m N
24	289349.15 m E	2331052.84 m N	55	289737.79 m E	2330314.84 m N
25	289302.59 m E	2330947.30 m N	56	289763.52 m E	2330303.19 m N
26	289279.45 m E	2330950.29 m N	57	289783.30 m E	2330288.67 m N
27	289095.50 m E	2331035.32 m N	58	289796.05 m E	2330269.25 m N
28	288974.82 m E	2331035.59 m N	59	289801.51 m E	2330249.05 m N
29	288908.00 m E	2331012.31 m N	60	289804.19 m E	2330231.09 m N
30	288907.06 m E	2330963.00 m N	61	289810.24 m E	2330216.69 m N
31	289018.81 m E	2330939.08 m N	62	289828.48 m E	2330196.04 m N

Tabla VII. 18. Sitio 6 para compensación ambiental

Sitio 6 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	289745.20 m E	2330889.95 m N	18	290331.45 m E	2330684.05 m N
2	289723.82 m E	2330892.72 m N	19	290384.51 m E	2330745.04 m N
3	289805.24 m E	2330829.65 m N	20	290415.49 m E	2330762.04 m N
4	289941.19 m E	2330721.90 m N	21	290442.43 m E	2330796.04 m N
5	289961.06 m E	2330690.65 m N	22	290488.16 m E	2330813.11 m N
6	289984.35 m E	2330633.86 m N	23	290451.91 m E	2330830.75 m N
7	290015.59 m E	2330555.68 m N	24	290449.64 m E	2330831.82 m N
8	290035.24 m E	2330507.33 m N	25	290458.29 m E	2330833.40 m N
9	290059.09 m E	2330453.21 m N	26	290501.03 m E	2330974.35 m N
10	290072.91 m E	2330436.65 m N	28	290497.19 m E	2331049.28 m N
11	290089.88 m E	2330430.49 m N	29	290501.74 m E	2331063.92 m N
12	290104.69 m E	2330434.10 m N	30	290499.02 m E	2331103.11 m N
13	290126.47 m E	2330447.05 m N	31	290499.00 m E	2331129.91 m N
14	290155.46 m E	2330487.05 m N	32	290509.00 m E	2331179.00 m N
15	290202.56 m E	2330537.09 m N	33	290505.03 m E	2331192.34 m N
16	290245.49 m E	2330578.05 m N	34	289745.20 m E	2330889.95 m N
17	290317.50 m E	2330658.04 m N	18	290331.45 m E	2330684.05 m N

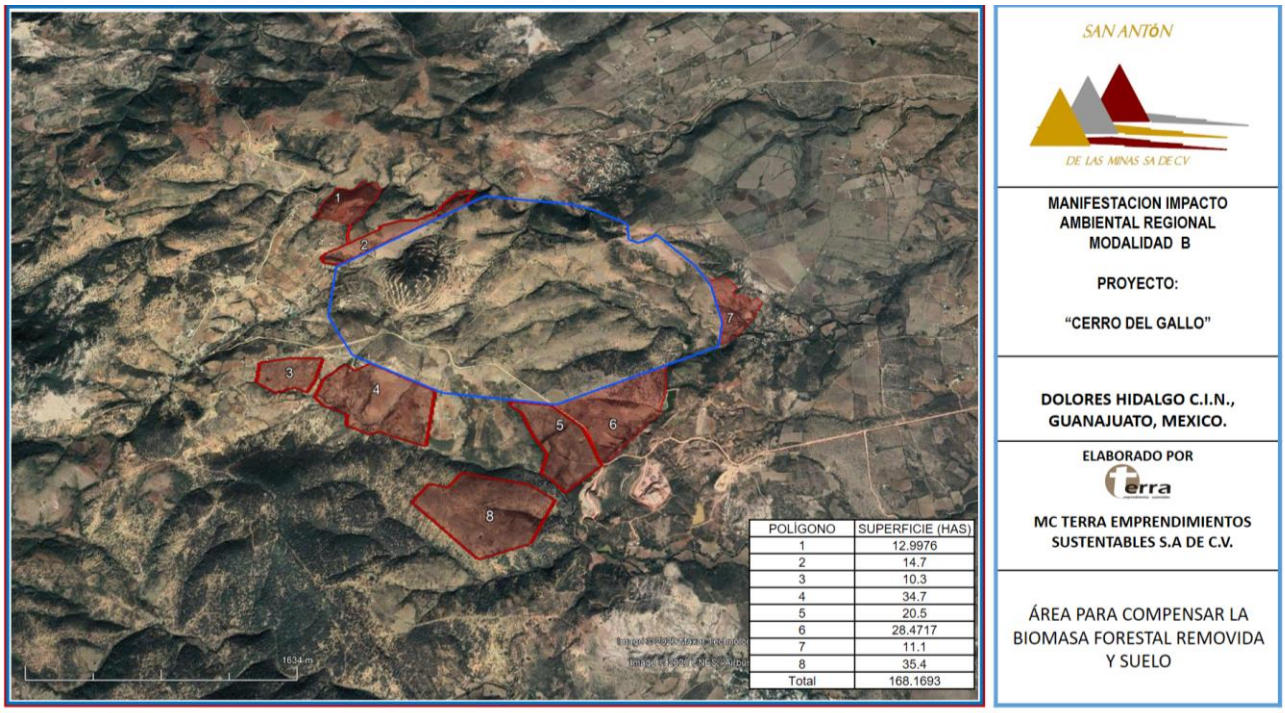
Tabla VII. 19. Sitio 7 para compensación ambiental

Sitio 7 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	290707.11 m E	2331283.22 m N	18	291081.55 m E	2331549.92 m N
2	290723.88 m E	2331277.98 m N	19	291075.34 m E	2331560.25 m N
3	290761.33 m E	2331280.22 m N	20	291075.05 m E	2331577.83 m N
4	290866.31 m E	2331337.56 m N	21	291081.93 m E	2331579.79 m N
5	290865.52 m E	2331324.41 m N	22	291108.59 m E	2331575.73 m N
6	290873.49 m E	2331289.05 m N	23	291126.01 m E	2331580.38 m N
7	290883.47 m E	2331208.05 m N	24	291140.85 m E	2331586.89 m N
8	290889.47 m E	2331163.05 m N	25	291160.80 m E	2331594.10 m N
9	290938.50 m E	2331169.05 m N	26	291207.61 m E	2331621.85 m N
10	290973.46 m E	2331172.05 m N	27	291202.10 m E	2331638.63 m N
11	291025.52 m E	2331179.02 m N	28	291199.42 m E	2331656.70 m N
12	291018.49 m E	2331346.05 m N	29	291189.63 m E	2331663.43 m N
13	291009.40 m E	2331392.42 m N	30	291148.00 m E	2331753.00 m N
14	291004.56 m E	2331445.03 m N	31	290852.00 m E	2331803.00 m N
15	291120.31 m E	2331474.90 m N	32	290825.90 m E	2331651.69 m N
16	291120.93 m E	2331490.96 m N	33	290907.68 m E	2331561.89 m N
17	291111.99 m E	2331515.45 m N	34	290877.10 m E	2331352.73 m N

Tabla VII. 20. Sitio 8 para compensación ambiental

Sitio 8 para compensación ambiental UTM WGS84 R14					
Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	288929.81 m E	2330293.24 m N	5	289772.47 m E	2330164.57 m N
2	288832.49 m E	2330161.27 m N	6	289597.63 m E	2330279.38 m N
3	289304.00 m E	2329754.05 m N	7	289139.88 m E	2330373.42 m N
4	289631.18 m E	2329860.16 m N	8	2890601.71 m E	2330261.48 m N

Figura VII. 9. Ubicación de los sitios de compensación ambiental



6.4.5. Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del agua superficial y subterránea (PIMVASS)

Para el agua se proponen algunas medidas que son de carácter preventivo y le aplican tanto a la superficial como a la subterránea y se citan en los siguientes incisos.

- Previo a la preparación del sitio, se establecerá un plan de monitoreo permanente aguas arriba y abajo del Proyecto, se llevarán a cabo los muestreos y análisis del agua superficial que transcurre por los cauces, los embalses y de ser el caso el tajo, por lo menos en dos ocasiones antes de iniciar la operación, los valores servirán de base para comparar los cambios que mantenga el recurso y poder asociarlos a fallas operativas de la infraestructura. Para tal fin se establecerán estaciones de monitoreo en sitios fijos aguas arriba, en el proyecto y aguas abajo, con base en los puntos identificados durante las campañas de muestreo que se incluyen como estudios previos para la integración del MIA-P.

- El plan de monitoreo de agua, considerará, los parámetros físicos y químicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y aquellos metales y compuestos químicos no señalados en dichas Tablas, representativos del proceso.

Se **utilizarán áreas para fomentar la infiltración del agua superficial y procurar una mejor recarga del Acuífero**. Estas se seleccionaron mediante un análisis topográfico detallado.

En la etapa de construcción, se aplicarán los diseños preparados para las diferentes obras que conformarán el proyecto. **Para el caso del Sistema de Lixiviación, se realizarán las actividades conforme lo indican Las Especificaciones Técnicas** de manera concreta y para efectos del cumplimiento de las Especificaciones de la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, se señalan las siguientes:

- Por diseño, la plataforma de lixiviación y las piletas para el manejo de soluciones, contarán con un recubrimiento compuesto de arcillas compactas y geomembrana sintética impermeable con propósitos de contención, para evitar el daño ambiental por la fuga de las soluciones.
- Por diseño, se construirán sistemas de detección y control de fugas y/o derrames de las soluciones en las pilas, así como en las piletas de solución, el cual deberá operar de forma continua.
- Por diseño, la geomembrana sintética utilizada en el patio soportará el tipo de solución, la carga física del material, el tipo de clima a que estará expuesto, así como el sistema de apilado de mineral de mineral.
- Las piletas de soluciones ricas e intermedias cuyo propósito será contener la solución del proceso, contarán con una geomembrana sintética primaria y una secundaria, así como un sistema de recuperación de los fluidos que penetren la geomembrana primaria, en caso de rotura de la misma. Para ello, se colocará entre ambas geomembranas, una geored que tiene la habilidad de transportar rápidamente los fluidos hasta el punto del sistema de recolección donde será recuperado.

- Se construirán y operarán 3 pozos de monitoreo, ubicados aguas arriba del sistema de lixiviación y aguas abajo. Estos últimos se colocarán a una distancia menor a 1.5 veces del ancho de la pila de mineral para lixiviación en dirección perpendicular al flujo subterráneo local. Cada pozo de monitoreo de aguas subterráneas contará con un registro que indicará el número o clave de identificación; la ubicación geográfica en coordenadas (x, y, z), ligadas a un mismo banco de referencia; el corte litológico de las formaciones atravesadas; las características constructivas; el diámetro, la profundidad total y el proyecto de terminación; así como los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realicen en este punto.

La pileta de contingencia está diseñada para albergar el flujo que podría originarse en 24 horas de precipitación de la mayor tormenta en 100 años, el proyecto considera la existencia de un generador de emergencia, por lo que un corte de energía no afectará el funcionamiento de las piletas. La pileta de contingencia está destinada al almacenamiento de solución de proceso únicamente en el caso de que las dos piletas de solución de proceso estén llenas y se rebalsen.

Para la posibilidad de **contaminación del agua generación de drenaje ácido y liberación de metales**, debido a que éste impacto no se espera hasta la etapa de construcción y operación; se identificó como *Contaminación química del agua superficial, por la descomposición de sulfuros contenidos en la roca expuesta de la mina y apilada en superficie, formando ácido que a su vez lixivien metales y metaloides*"; el valor menor o de mayor importancia **será en la etapa de abandono**, cuando el drenaje del patio se libere y por una inadecuada caracterización de los residuos, no se prevea el comportamiento del drenaje a mediano plazo (vida del proyecto); con menor intensidad (por razones del momento) se evaluó en la etapa de construcción y operación para la actividad consistente en la Conformación de la tepetatera. Bajo la premisa de que inicialmente no se generará el fenómeno y la cinética del tepetate será quien defina el comportamiento del residuo; las medidas que se proponen consisten en las siguientes:

- Se preparará, presentará e implementará un Plan de Manejo con base en la NOM-157-SEMARNAT-2009, que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, enfocado entre otros residuos al tepetate y mineral gastado, que tendrá entre otros objetivos el de impedir la dispersión en el ambiente de drenaje ácido, lixiviados y escurrimientos a las corrientes.
- De manera paralela con la preparación del **Plan de Manejo**, se iniciará una campaña de muestreo y análisis del tepetate que se genere por el minado para determinar la peligrosidad considerando la cinética del residuo y asumiendo las pruebas contenidas en el **Cuadro 1 de la Norma para "minado y tratamiento de minerales"**. Los métodos analíticos serán los contenidos en la Norma y los parámetros de comparación serán los expresados en los **Cuadros 2 y 3 de la NOM-157-SEMARNAT-2009**.
- De acuerdo a la **NOM-155-SEMARNAT-2007**, en el **Plan de Manejo de Residuos Mineros** se establecerá, la toma de dos muestras representativas cada mes durante la etapa de operación, a partir de las cuales se hará un compósito anual que represente las características del mineral gastado. Estas muestras serán obtenidas de pruebas de lixiviación a nivel laboratorio, hechas con mineral a lixiviar extraído de la mina, o bien, con mineral gastado de las pilas. A las muestras se les aplicarán las pruebas siguientes:
    - **De movilidad**, mediante la prueba de extracción de constituyentes tóxicos, de acuerdo con el procedimiento de movilidad con agua meteórica contenido en el **Anexo Normativo 1 de la NOM-155-SEMARNAT-2007**.
    - De generación de drenaje ácido, mediante la prueba modificada de balance de ácido base establecida en los Anexos Normativos 1 y 5 (II) de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

- El seguimiento del **Plan de Manejo**, se realizará con la ejecución de las propias medidas en él propuestas, pero, invariablemente se comparará con la calidad del agua que se perciba en las estaciones de monitoreo para aguas superficiales

contenidas en el programa que se citó en las medidas generales, se verificarán los valores de pH y metales.

- **Para la etapa del cierre**, se verificará el comportamiento resultante del análisis del mineral gastado, a efecto de verificar que no se tengan evidencias de la descomposición de sulfuros que rebasen la capacidad de neutralización implícita en el mineral.

Otras fuentes de contaminación para el agua, consisten en la emisión de sólidos suspendidos por el suelo y la roca disgregada, para ello en el apartado de suelos se mencionó las medidas, enseguida se reiteran las de mayor relevancia.

- En la preparación del sitio, durante las actividades de recuperación y almacenamiento de suelo consistente en la remisión de material superficial y posterior acomodo en los depósitos de suelo fértil, **se colocarán barreras que inhiban la migración de materiales a las corrientes que transcurran por los cauces intermitentes cercanos** al tajo y la tepetatera, estas barreras se describieron en el apartado de geomorfología y suelo.

En lo relativo al manejo de combustibles y lubricantes y sus residuos.

- Durante la preparación del sitio y construcción, **se prohibirá el almacenamiento de combustibles y lubricantes en o cerca de los cauces**, para suministrar los combustibles a la maquinaria, deben utilizarse camiones orquesta equipados con contenedores herméticos y sistemas para el despacho con válvulas de corte.
- Debe **elaborarse e implementarse un procedimiento para el suministro de combustibles a la maquinaria,** dicho procedimiento debe incluir la atención de emergencias por derrames accidentales de combustibles.
- Durante la preparación del sitio y construcción se realizarán **visitas semanales para verificar que se cumpla con el procedimiento para el suministro de combustibles**, así mismo que se cumpla con las prohibiciones de mantenimiento. En caso de encontrarse condiciones irregulares se documentarán y dictarán medidas correctivas y preventivas que igualmente serán verificadas.

- Durante la operación, **funcionarán los almacenes temporales de residuos peligrosos** respetando su capacidad de almacenamiento y realizando los envíos a través de empresas autorizadas en los tiempos que marca la Ley. Los combustibles se distribuirán a las áreas de trabajo **mediante el uso de camiones orquesta para la maquinaria montada sobre orugas** y en la estación de despacho de combustibles para la maquinaria sobre llantas, se evitará el almacenamiento de combustibles en áreas de trabajo.
- Durante la operación, **el mantenimiento de toda la maquinaria sobre llantas se realizará en el área de talleres propuesta**, para el caso de la maquinaria montada sobre orugas el mantenimiento correctivo se llevará a cabo en el sitio, protegiendo el suelo con geomembrana y utilizando embudos y charolas e recolección para evitar derrames.

Otras medidas relacionadas con el agua previa al cierre son:

- Previo al cierre de la mina, **los resultados del monitoreo en el pozo aguas arriba, se compararán con los del pozo de monitoreo aguas abajo**. En el caso de que los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes, con respecto a la calidad del agua nativa, se hará del conocimiento de la autoridad competente en ese momento (SEMARNAT, CNA y PROFEPA) y se llevarán a cabo las medidas de corrección y saneamiento pertinentes, determinadas por la autoridad o de acuerdo con ésta.
- Una vez concluida **la etapa de recuperación de metales residuales**, se iniciará con el lavado de las pilas; el agua de reposición será “fresca” a fin de que permita la reacción de las trazas de cianuro; el lavado del patio cesará cuando el drenaje cumpla con las características siguientes:
  - Los niveles de complejos débiles de cianuro asociados a los metales (WAD-CN) en el efluente de agua lavada y/o **tratada sean menores a 0.2 mg/L**.
  - El nivel del potencial hidrógeno (pH) en el efluente de agua lavada o tratada esté **entre 5 y 10 unidades**.

  - Cumpla con el resto de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

- Cuando concluya el lavado se proseguirá con el riesgo mediante aspersión, **hasta lograr abatir el efluente (sin considerar la lluvia)**, para asegurar las condiciones que impidan el transporte de contaminantes por la migración del agua meteórica.
- **El monitoreo del agua proseguirá después del cierre**. Se tomará como base la normatividad vigente sobre descargas de aguas residuales, con respecto a cianuros, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc, así como a los metales y compuestos químicos, representativos del proceso; límites máximos permisibles; cuerpos receptores y usos indicados; y frecuencias de monitoreo. En su caso, se tomará como base la calidad del agua que sea monitoreada aguas arriba del patio.

Si por la comparación de los resultados realizados durante la operación, la calidad del agua monitoreada registra una elevación en el índice de contaminantes con respecto a la calidad de agua determinada en los muestreos realizados para la MIA y ese cambio en la calidad se relacione con la operación del sistema, se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente en ese momento (SEMARNAT, CNA y PROFEPA) y se llevarán a cabo las medidas de corrección y saneamiento pertinentes, determinadas por la autoridad o de acuerdo con ésta

6.4.5.1. Infiltraciones al acuífero y aguas superficiales

El agua superficial, **que transcurre exclusivamente en la temporada de lluvias por los cauces del área del proyecto y su zona de influencia**, puede verse afectada en todas las etapas del proyecto; sin embargo, **la preparación de los diseños de ingeniería** para la preparación del sitio, construcción, operación y restauración previa al cierre del **patio de lixiviación** (plataforma y piletas) y el **depósito superficial de tepetate** (tepetatera) (Golder, 2014) permitirá la mitigación de los impactos ambientales

negativos severos, mediante medidas de ingeniería probadas, adicionando aquellas que contemplas las **Normas Oficiales Mexicanas**:

- **NOM-155-SEMARNAT-2007**, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata (SEMARNAT, 2010) y
- **NOM-157-SEMARNAT-2009,** Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros (SEMARNAT, 2011)

Para el caso del agua subterránea, **adicional a las prácticas derivadas de los diseños y las Normas Oficiales Mexicanas**, se integrarán recomendaciones emitidas por organismos internacionales tales como la CCAD Y USEPA.

Es relevante destacar que, **para definir las medidas de mitigación que se integran al programa**, se partió de la base del manejo de aspectos relativos a los procesos y sus residuos para evitar emisiones, cuyo resultado es el que ocasiona los impactos ambientales negativos.

En razón que la erosión como agente importante en la contaminación del agua superficial, se discutió ampliamente en el apartado de cambios geomorfológico y del suelo; faltaría en éste Capítulo, **el análisis del origen de eventos de contaminación con químicos peligros del proceso y con metales y metaloides lixiviados por la probable generación de drenaje ácido de roca**; por ello previo a la presentación de las medidas correctivas y de mitigación se formula un breve análisis de ambos aspectos.

6.4.5.1.1. Fugas y derrames de proceso

Las fugas o derrames de soluciones conteniendo cianuros y metales que se encontrarán presentes en el **Sistema de Lixiviación de Minerales de Oro y Plata**; se pueden clasificar en tres rubros acorde a su intensidad:

- Fugas ocasionadas para fallas operativas, atribuibles a exceso de solución en los montones, uso de la pileta de emergencias para almacenar agua de lluvia, taludes

de trabajo con ángulos superiores a los del diseño, etc. En estos casos, los eventos **generalmente presentan fugas equivalentes a decenas de metros cúbicos de solución**, con capacidad de contaminar agua superficial, **pero no de infiltrarse**, pues son eventos repentinos y que no perduran en el tiempo. Las fugas más comunes se presentan en tuberías de conducción, debido a un mantenimiento deficiente y actos de inspección negligentes, ya que previo a la fuga se presentan indicios de que sucederá (decoloración y abultamientos en el polietileno; goteos en juntas; acumulación de sales en juntas; etc.). Aunque la tubería se encuentra colocadas sobre canales impermeables, la salida de solución obedece a rupturas que elevan la fuga sobre el canal y se deposita en suelo natural, o bien a un acomodo incorrecto de la tubería sobre el canal.

- Fugas atribuibles a una baja compactación de la subrasante de la plataforma, y/o una colocación deficiente del recubrimiento compuesto (plasticidad de las arcillas y textura de la superficie preparada), y/o ausencia de pruebas destructivas y no destructivas a los materiales, y/o balance de aguas internas o externas deficiente, y/o análisis de estabilidad técnicamente no soportados, y/o contenciones insuficientes para el manejo de las soluciones, etc. En todos estos casos las fugas se presentan por un evento de falla en las estructuras; cuando las soluciones se fugan por bermas, tuberías o tanques, tiene capacidad de contaminar el agua superficial por el volumen, sin embargo, el impacto de mayor complejidad se refiere a fugas pequeñas que con el tiempo pasan por el suelo de baja permeabilidad y llegan a contaminar el acuífero.

- Fugas por fallas en la operación de las pilas, consistentes en: erosión de éstas y caída de material en lixiviación que contacta con el suelo natural; filtraciones en diques de contención por un mantenimiento no adecuado; etc. Estas no provocan eventos de contaminación serios, pero si son el preludio de incidentes mayores, ya que se deben a la falta de sistematización y/o capacitación de la operación.

En este sentido, se presentan en anexo los **estudios de modelación de ruptura de pileta, asentamiento de patio de lixiviación y fugas en membranas**.

6.4.5.1.2. Probabilidad de generar drenaje ácido de roca y/o se lixivien metales Mineral gastado

Como se describió ampliamente en el Capítulo II de la presente **MIA-R** las pruebas estáticas realizadas al mineral indican la probabilidad de que éste genere ácidos; sin embargo, como también se comentó, la muestra se generó de pruebas metalúrgicas que difieren al proceso que se usará en **"Cerro del Gallo"**. No obstante, el mineral gastado debe considerarse como peligroso hasta en tanto no existan pruebas que demuestren lo contrario.

Para este residuo, se cuenta con la ventaja de que durante la operación se encontrará dispuesto en un circuito cerrado y en su caso, la problemática real se presentará durante la eliminación de toxicidad y lavado del patio, pues de ser peligro, difícilmente se logran los límites establecidos en el numeral **5.8.1. de la NOM-155-SEMARNAT-2007** que textualmente indica:

"*Una vez que ha terminado la recuperación de valores, el patio de lixiviación debe lavarse y tratarse, antes de quedar como depósito de mineral lixiviado o gastado.* ***El depósito estará estabilizado, cuando en la solución del lavado del patio se cumplan los siguientes valores****:*

a) Los niveles de complejos débiles de cianuro asociados a los metales (WAD-CN) en el efluente de agua lavada y/o tratada sean menores a 0.2 mg/L.

b) El nivel del potencial hidrógeno (pH) en el efluente de agua lavada o tratada esté entre 5 y 10 unidades".

Por ello deben llevarse a cabo de manera estricta las acciones contenidas en las **Especificaciones de Protección Ambiental** para el manejo del agua y residuos mineros.

Otro aspecto que se toma en cuenta para proponer las medidas de mitigación, se refieren a la interpretación del método para determinar el Potencial de Neutralización, ya que el pH final en ningún momento se encuentra por abajo de 2, lo cual indicaría que se adicionó exceso de **HCL** tal como lo indica el método contenido en el **Anexo Normativo II de la NOM-141-SEMARNAT-2003** que en la especificación "**4.4.2 Medición del poder de neutralización**" textualmente ordena "***Si el pH medido a las 24 horas de agitación resulta ser menor a 2.0, es necesario repetir la medición del poder de neutralización, pues al inicio de la prueba se adicionó demasiado HCl***" y los pH finales fueron 1.02, 1.77, 0.99 y 1 (***Ver Estudio anexo***).

Tepetate

Aunque las pruebas realizadas **no constituyen un estudio geoquímico**, sin embargo, el comportamiento por litología permitió observar que la toba y rocas félsicas tienen un poder de neutralización importante y corresponden a más del 80% del tepetate que se dispondrá en la tepetatera; al compositarlas con el intrusivo silicificado, éste no logra combatir a los materiales neutralizantes que aportarán las dos litologías predominantes, por consecuencia y en virtud de que las muestras fueron hasta aproximadamente 50 m de la profundidad del tajo, la base de la tepetatera será un medio neutralizante de importancia.

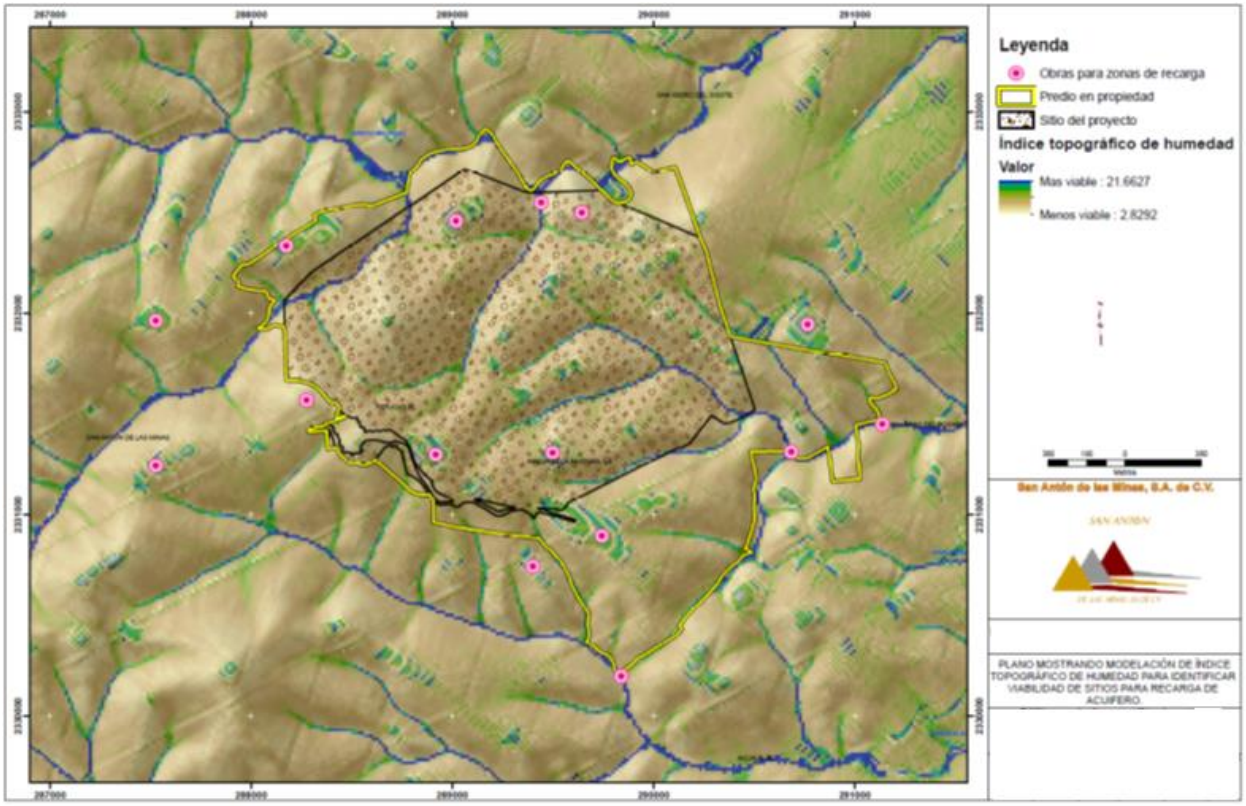
Para el agua se proponen algunas medidas que son de carácter preventivo y le aplican tanto a la superficial como a la subterránea y se citan en el siguiente apartado.

Medidas preventivas y de mitigación para los recursos hídricos

Para el agua se proponen algunas medidas que son de carácter preventivo y le aplican tanto a la superficial como a la subterránea y se citan en los siguientes incisos.

- Previo a la preparación del sitio, se establecerá un **plan de monitoreo permanente aguas arriba y abajo del Proyecto**, se llevarán a cabo los muestreos y análisis del agua superficial que transcurre por los cauces, los embalses y de ser el caso el tajo, por lo menos en dos ocasiones antes de iniciar la operación, los valores servirán de base para comparar los cambios que mantenga el recurso y poder asociarlos a fallas operativas de la infraestructura. Para tal fin se establecerán estaciones de monitoreo en sitios fijos aguas arriba, en el proyecto y aguas abajo, con base en los puntos identificados durante las campañas de muestreo que se incluyen en el Capítulo IV de la MIA.
- El plan de monitoreo de agua, **considerará, los parámetros físicos y químicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996** y aquellos metales y compuestos químicos no señalados en dichas Tablas, representativos del proceso.

Figura VII. 10. Áreas de infiltración de agua pluvial



Se **utilizarán áreas para fomentar la infiltración del agua superficial y procurar una mejor recarga del Acuífero**. Estas se seleccionaron mediante un análisis topográfico detallado, que se presenta en el plano siguiente:

6.4.5.2. Plan de monitoreo y vigilancia del agua superficial y subterránea

6.4.5.2.1. Objetivos

General:

Detectar posibles alteraciones importantes en la calidad del agua del entorno especialmente sobre los terreros estériles a efecto de detectar las características geoquímicas de los lixiviados.

Específicos:

Evaluar la calidad del agua subterránea y superficial aguas arriba y aguas debajo de la ubicación de las instalaciones.

6.4.5.2.2. Muestreo

El objetivo de la toma de muestras es recoger una porción de material lo suficientemente pequeña como para ser fácilmente transportadas al laboratorio de análisis para su investigación. La primera cuestión que se plantea es obvia: la muestra deber ser homogénea y representativa de las características medias del total del material muestreado. Esto supone que la concentración de cualquier componente en la muestra será idéntica (o razonablemente idéntica) a la existente en la masa global. En el transcurso del transporte de la muestra desde el lugar de toma hasta el centro donde se practicarán los análisis puede ocurrir que las características fisicoquímicas y microbiológicas de la muestra varíen. Esto debe evitarse en lo posible reduciendo al mínimo el tiempo transcurrido entre toma de muestra, determinación y/o empleando algún medio efectivo de preservación que no altere de forma perceptible su calidad. De cualquier forma, la variación de características en aguas con alto contenido en materias

orgánicas o materiales biológicos vivos, siempre será muy superior a aquellas que tienen poca presencia biológica.

Otra cuestión importante es la de establecer un adecuado programa de muestreo de acuerdo al caso concreto de que se trate. Téngase en cuenta que no siempre hace falta realizar muchos análisis para caracterizar un determinado tipo de agua o un medio hídrico dado. Además, en este aspecto habrá de aplicarse de forma inexcusable la legislación vigente, tanto en aguas potables como residuales, ya que marcarán los mínimos a llevar a cabo en el programa de muestreo.

6.4.5.2.3. Parámetros

Los parámetros de calidad del agua que son monitoreados tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden estar presentes en las aguas. Los parámetros que se muestran en la siguiente sección deben estar incluidos, como mínimo, en cualquier programa de monitoreo de calidad de aguas de la industria minera, de tal forma que deberán ser monitoreados en los pozos de monitoreo de calidad de agua ubicado aguas abajo de la planta en dirección al arroyo más cercano. Se presenta una breve descripción de las razones para incluir cada parámetro. También se incluye información sobre la medición de los caudales de las descargas y de las aguas receptoras.

Temperatura

Las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento bacteriano y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización.

pH

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son

ácidas y por encima de 7 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y la fauna acuática.

Conductividad eléctrica

La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura.

La determinación de conductividad es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, residual, residual tratada, de proceso o bien del agua para ser usada en el laboratorio en análisis de rutina o para trabajos de investigación.

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica.
Esta capacidad depende de la presencia, movilidad y concentración de iones, así como de la temperatura del agua.

El valor de conductividad es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para el consumo humano.

Sólidos Totales Disueltos

Las aguas naturales o residuales con altos contenidos de sólidos suspendidos o sales disueltas no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o por las plantas potabilizadoras. De ello se deriva el interés por determinar en forma cuantitativa estos parámetros.

Los Sólidos Totales Disueltos (STO) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de 2.0 O µm (o menos) en condiciones específicas.

Cloruros

Los cloruros (Cr) son los principales aniones inorgánicos en el agua. A diferencia de los indicadores más generales de la salinidad (la conductividad y los STO), la concentración de cloruros es una medida.

Específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera. El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante.

Grasas y aceite

Los aceites y grasas se definen en los "Métodos Estándar" como "cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente". El triclorofluoroetano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos.

La determinación de grasas y aceites es indicativa del grado de contaminación del agua por usos industriales y humanos.

Sulfuros

La medición del sulfuro total en el agua incluye H2S y HS disueltos, asi como sulfuros metálicos solubles en ácido que pueden estar presentes en la materia suspendida. Pueden ser tóxicos para los peces y generar olores desagradables.

El drenaje ácido de mina (ORA) es un proceso natural a través del cual el ácido sulfúrico se produce cuando los sulfatos de las rocas son expuestos al aire libre o al agua. El

drenaje ácido de mina (DAM) es esencialmente el mismo proceso solo que magníficado. Cuando las grandes cantidades de rocas que contienen minerales sulfatados, son excavadas en tajo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos minerales reaccionan con el aire o con el agua para crear ácido sulfúrico. Cuando el agua alcanza cierto nivel de acidez, un tipo de bacteria común llamada *Thiobacillus ferrooxidans* puede aparecer acelerando los procesos de oxidación y acidificación, lixiviando aún más los residuos de metales de desecho.

El ácido lixiviará la roca mientras que la roca fuente este expuesta al aire y al agua. Este proceso continuará hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles de años. El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyo, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua, y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

Metales pesados

La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas excavadas o expuestas en vetas en una mina subterránea entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Aunque los metales pueden ser removidos en condiciones de pH neutral, la lixiviación es particularmente aceleradas en condiciones de pH bajo, tales como las creadas por el drenaje ácido de mina.

Estos metales (Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Pb, Ni, As) frecuentemente son contaminantes encontrados en las aguas de pozos y en general en muchas fuentes de muestreo de

Cd

El Cadmio se acumula en tejidos blandos y puede interferir en el metabolismo. Es conocido que en sistemas acuáticos, el cadmio se acumula fácilmente en las ostras.

Pb

El plomo se acumula en ostras y mariscos. Llega al ser humano a través de la cadena alimenticia y se acumula en los huesos. El plomo es un inhibidor de las enzimas e influye en el metabolismo celular.

As

Generalmente el oro refractario se encuentra alojado en zonas ricas en arsenopirita. Este mineral también llamado mispíquel (denominación de los mineros alemanes), junto con la pirita (mineral del grupo de los sulfuros) es una de las formas más comunes en que se pueden encontrar el elemento aurífero.

El arsénico es uno de los más tóxicos elementos que pueden ser encontrados. Debido a sus efectos tóxicos, los en laces de arsénico inorgánico ocurren en la tierra naturalmente en pequeñas cantidades. Los humanos pueden ser expuestos al arsénico a través de la comida, agua y aire.

El riesgo de los terreros de las minas de oro es debido a las altas concentraciones de As, Pb y S.

Cianuros

El monitoreo de las aguas del pozo de extracción para prevenir la contaminación de los mantos acuíferos, requiere de una cuidadosa evaluación de los puntos en los cuales se planea recolectar las muestras. Las siguientes secciones describen las ubicaciones ideales para la recolección de muestras y presentan recomendaciones basadas en la posibilidad de ciertas limitaciones logísticas.

6.4.5.2.4. Punto de Muestreo

El lugar ideal para el muestreo será el punto exactamente antes de que la descarga ingrese a un curso de agua receptor (es decir, una corriente natural o un río). Esto es, el pozo de monitoreo ubicado aguas abajo en dirección al arroyo más cercano a las pilas de lixiviación.

La recolección, preservación y almacenamiento de muestras debe de realizarse conforme a los lineamientos establecidos en la NMX específica para parámetro a medir, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

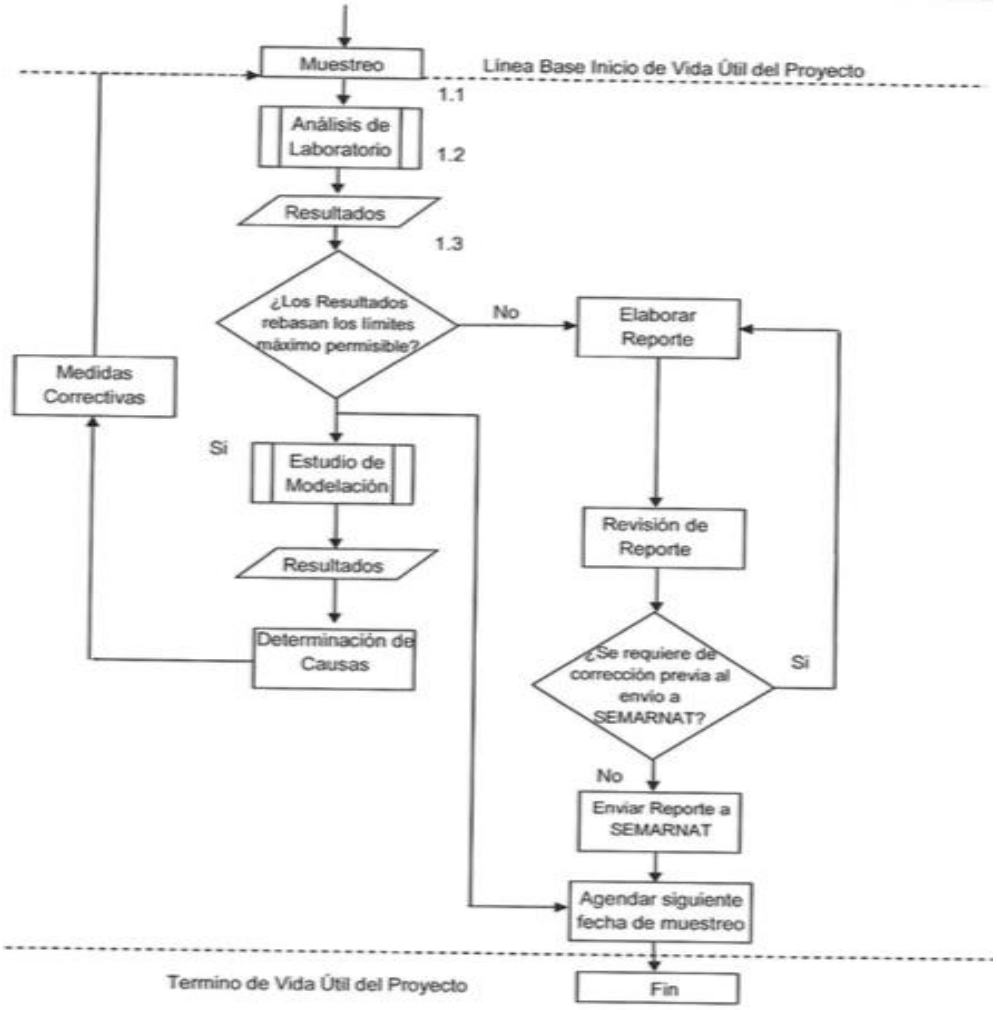
Tabla VII. 21. Parámetros y métodos de muestreo

Análisis	Método
Conductividad eléctrica	Método NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Disueltos Totales	Método NMX-AA-034-SCFI-2001
Cloruros	Método NMX-AA-073-SCFI-2001
pH	Método NMX-AA-008-SCFI-2001
Grasas y aceites	Método NMX-AA-005-SCFI-2000
Sulfatos	Método NMX-AA-074-SCFI-1981
Metales pesados	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Calcio	Método 3500-Ca D
Magnesio	Método 3500 Mg E
Sodio	Método 3500 Na D
Potasio	Método 3500 O-K, APHA 1989
Carbonatos, bicarbonatos	2323B
Sulfatos	Método NMX-AA-074-SCFI-2001

Las muestras luego de haber sido tomadas, son enviadas inmediatamente a su análisis por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

En la figura siguiente se muestra el método de muestreo.

Figura VII. 11. Método de muestreo



6.4.5.2.5. Cronograma de Muestreo

A continuación, se muestra el muestreo mensual o trimestral de la toma de muestras y análisis del agua superficial y subterránea.

Tabla VII. 22. Cronograma de monitoreo anual

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Toma de muestra												
Informe trimestral												
Informe anual												

6.4.6. Programa de Prevención y Atención a Derrames (PPAD)

El Plan para la Prevención y Atención a Derrames, sienta sus bases en todas aquellas acciones encaminadas a disminuir, controlar o transferir los riesgos que puedan presentarse por el transporte y manejo de las sustancias químicas utilizadas en la Unidad Minera, incluye el aseguramiento de la impermeabilización de los pisos en donde se encuentren instalados los componentes de la Planta de Recuperación en donde se manejen sustancias químicas peligrosas, así como de sistemas de contención (diques, cárcamos y desvíos a áreas seguras) que garanticen la no afectación de ambiente por derrames accidentales.

Por otro lado, incluye el aseguramiento de la calidad de los materiales de los tanques, tuberías, válvulas y demás accesorios utilizados para el almacenamiento, conducción y dosificación de los materiales peligrosos utilizados así como la identificación de tuberías y tanques de acuerdo a los sistemas de información de riesgos. Todo lo anterior se encuentra ligado a un sistema de mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento de las instalaciones.

6.4.6.1. Medidas Preventivas

Para minimizar la probabilidad de los eventos de riesgo, se cuenta con dispositivos tanto de control como de contención en las instalaciones de los procesos, los cuales se mantienen siguiendo la implementación y seguimiento de los programas de mantenimiento con las medidas preventivas, correctivas y predictivas que se necesario aplicar para mantener en buenas condiciones los controles y las instalaciones. Contención de derrames y fosas para su recuperación. Durante la instalación de los depósitos, se colocarán señalamientos informativos de los riesgos y se inscribirá en los contenedores el nombre de la sustancia y la capacidad de los mismos.

6.4.6.2. Actividades a realizar para la reducción de riesgos

Las actividades encaminadas a la reducción de riesgos, se vinculan con un mantenimiento adecuado a las instalaciones, capacitación efectiva y general, programas

de auditorías de seguridad internas y externas, inspecciones planeadas y la preparación e implementación de procedimientos operativos para el adecuado uso y manejo de las sustancias químicas peligrosas. En ese sentido, las actividades a realizar para reducir los riesgos por fallas humanas se dividen en los siguientes conceptos.

6.4.6.2.1. Mantenimiento e inspección de las instalaciones

Al igual que en el proceso de explotación de minerales, el mantenimiento de la maquinaria y equipo utilizado en el beneficio, específicamente en la Planta de Recuperación, se sustenta en la implantación de un sistema que contempla:

- El número de horas de trabajo,
- Las inspecciones rutinarias a la maquinaria y equipo,
- Las fallas frecuentes,
- La tecnología de refacciones de reemplazo.

Con el análisis de esta información se programan los servicios de mantenimiento preventivo y el reemplazo de partes de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes, el sistema contempla las siguientes partes:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Predictivo.

En base al presupuesto anual de la empresa se establece el programa maestro de mantenimiento para edificaciones e instalaciones de la unidad minera en el cual quedan contemplados prioritariamente los tipos de servicios y reparaciones que se realizarán mes a mes.

En lo referente al mantenimiento, con objeto de mantener un funcionamiento normal en edificios e instalaciones, los servicios consisten en la realización de trabajos de tipo preventivo tendientes a reducir el deterioro por uso normal y la obsolescencia. Mientras que las reparaciones se programarán de acuerdo a la vida útil de las partes, refacciones

y materiales, que requieren ser reemplazados o de presentarse alguna falla en éstas que amerite su reposición. En el caso de los edificios de las áreas industriales y administrativas, instalaciones industriales, laboratorios, almacenes, tanques y depósitos, así como las instalaciones inherentes a la operación de la planta de beneficio, los trabajos de mantenimiento están dirigidos a prevenir cualquier tipo de condición de inseguridad que presente un peligro para los trabajadores y el ambiente, como se muestra en la Tabla siguiente.

Tabla VII. 23. Tipos de mantenimiento para reducción de riesgos

Instalaciones	Tipo de mantenimiento	Programa	Referencia
Pisos, techos y paredes	Servicio	Anual	Programa maestro mantenimiento
Protecciones en andadores, escaleras	Servicio	Anual	Programa maestro mantenimiento
Salidas de emergencia y rutas de evacuación	Servicio	Anual	Programa maestro mantenimiento
Equipo y líneas de abastecimiento de energía, agua y aire comprimido	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Tanques y depósitos de almacenamiento	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Almacenes de materiales en general	Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento
Instalaciones de despacho de combustibles	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Polvorines	Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento
Laboratorios	Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento
Recipientes sujetos a presión	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Equipo e instalaciones para contención de derrames	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Drenaje	Servicio	Anual	Programa maestro mantenimiento
Equipo y ductos de ventilación	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa Maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Tuberías de conducción de fluidos	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa maestro mantenimiento
Equipos de control de emisiones a la atmósfera y descarga de agua residual	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa Maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Dispositivos de seguridad en equipo y maquinaria	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Programa Maestro mantenimiento y recomendaciones de fabricantes
Equipo de protección contra incendios	Servicio y Mantenimiento	Mensual	Recomendaciones de fabricantes
Botiquines de primeros auxilios	Servicio	Semanal	Programa departamento medico
Rótulos y señales de seguridad	Servicio	Mensual	Programa departamento de seguridad

6.4.6.2.2. Capacitación del personal de la mina

El programa de capacitación que se desarrollará en el proyecto **“Cerro del Gallo”**, deberá ser del conocimiento de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, de acuerdo al mandato de la Ley de la materia.

El programa calendarizado de la capacitación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla VII. 24. Temas de capacitación

Área	Temario	Duración
AREA MEDICA	Introducción al SME. Control y manejo básico de la vía aérea Reanimación Cardio pulmonar Heridas y hemorragias Lesiones y fracturas Inmovilización y extracción de pacientes	12 HORAS
RESPUESTA INICIAL A MATERIALES PELIGROSOS	Introducción a los materiales y desechos peligrosos Clasificación e identificación de los materiales peligrosos Química y toxicología de materiales peligrosos. Evaluación de peligro y riesgo. Equipo de protección personal niveles de protección Protección respiratoria Equipos de monitoreo Manejo del incidente	16 HORAS
RESCATE VERTICAL Y EN ESPACIOS CONFINADOS	Introducción al rescate vertical y espacios confinados Monitoreo de atmosferas. Técnicas de ventilación Nudos y amarres Anclajes Inmovilización de lesionados técnicas de descenso Sistema de poleas	12 HORAS
PREVENCION Y COMBATE DE INCENDIOS	Composición y química del fuego Tipos de incendio Formas de propagación del fuego Control y extinción del fuego Sistemas contraincendios Equipo de protección contraincendios Practica técnicas de sofocación.	10 HORAS
PRACTICA DE ACCION EN EMERGENCIAS	Creación de escenarios para la práctica y evaluación de las habilidades adquiridas	10 HORAS

6.4.6.2.3. Capacitación a la brigada de rescate

La brigada de rescate deberá mantener capacitación constante, se programaran los temas siguientes:

- **Plan de emergencia. -** Referido a las acciones de respuesta ante un accidente en donde se vean involucrados químicos peligrosos, el Plan, forma parte del presente documento.
- **Primeros auxilios**.- Se relaciona con capacitar al personal en primeros auxilios, para los casos de accidentes graves en donde existan lesiones, intoxicaciones, quemaduras, etc.
- **Antídoto de cianuro**.- En razón que la sustancia con mayor toxicidad se relaciona con emisiones de compuestos de cianuro (HCN), se lleva a cabo capacitación

sobre el procedimiento para el manejo del antídoto contra el envenenamiento por cianuro, así mismo se capacita en el procedimiento que la empresa ha desarrollado para tal fin.

- **Combate incendios**.- Debido a que entre las sustancias peligrosas que se utilizan en la Unidad se encuentran inflamables, se capacita a la brigada de rescate para el control y combate de incendios.
- **Evacuación.**- La brigada de rescate es entrenada para llevar a cabo labores de evacuación tanto del personal de la mina como de los pobladores de la comunidad de Dolores, estado de Guanajuato, ello para atender un evento no deseado en donde se involucren fugas, derrames o escapes de gases tóxicos que incidan los terrenos de la mina y/o en la población. La brigada de recate también participa en la difusión del procedimiento de simulacros en la comunidad, cuyo propósito se centra en establecer un mecanismo para reunir a la gente con el fin de permitir una comunicación eficaz sobre riesgos y respuesta en emergencias. orientado a reducir los riesgos, mejorar la eficacia de la respuesta a los accidentes y permitir que la gente común reaccione adecuadamente durante las emergencias.
- **Materiales peligrosos**.- La brigada de rescate recibe capacitación sobre las propiedades fisicoquímicas de las sustancias peligrosas que se utilizan en la Unidad Minera, ello con el fin de que conozcan los riesgos de las mismas, su compatibilidad y efectos sobre la salud y el ambiente que la emisión sin control de las mismas puede tener.

En la tabla siguiente se presenta el Programa de Capacitación para la brigada de rescate a desarrollarse durante un año.

Tabla VII. 25. Programa de capacitación para un año

Grupo	No.	Brigada de rescate	Periodicidad	Instrucción	Plan de emergencia	Primeros auxilios	Antídoto de cianuro	Combate incendios	Evacuación	Aire autónomo	Recorrido por las áreas
1	1	Director de emergencias	Mensual	Teórico/práctico	√	√	√	√	√	√	√
	2	Coordinador Gral.			√	√	√	√	√	√	√
	3	Asesor			√	√	√	√	√	√	√
	4	Coord. líder			√	√	√	√	√	√	√
	5	Coord. de operaciones			√	√	√	√	√	√	√
2	1	Coord. primeros auxilios	Mensual	Teórico/práctico	√	√	√	√	√	√	√
	2	Coord. de materiales peligrosos			√	√	√	√	√	√	√
	3	Coord. de partes criticas			√	√	√	√	√	√	√
	4	Coord. de transporte			√	√	√	√	√	√	√
	5	Coord. de relación			√	√	√	√	√	√	√
3	1	Coord. de relación	Mensual	Teórico/práctico	√	√	√	√	√	√	√
	2	Cuadrilla de evaluación			√	√	√	√	√	√	√
	3	Asesor			√	√	√	√	√	√	√
	4	Coord. de primeros auxilios			√	√	√	√	√	√	√
	5	Coord. de materiales peligrosos			√	√	√	√	√	√	√
	6	Coord. de partes criticas			√	√	√	√	√	√	√

6.4.6.3. Programa de simulacros

Aunque los simulacros se relacionan directamente con la atención de las emergencias, la empresa desarrolló un programa de entrenamiento inherente a la capacitación para poner en práctica el entendimiento en campo de la atención de emergencias mediante simulacros.

En la tabla siguiente se presenta el programa para un año.

Tabla VII. 26. Programa de simulacros

Modulo	ID	LUGAR DE LA UNIDAD	Periodicidad	Tipo de ejercicio	Evacuación	Primeros auxilios	Exposición cianuro	Incendios	Fuga/derrame	Inundación	1er trimestre	2do trimestre	3 er trimestre	4to trimestre
SALUD-SEGURIDAD-MEDIO AMBIENTE	UM	Todo el personal	Anual	Colectivo	√									
	OP	Oficinas	Cuatrimestral	Colectivo	√									
	INI	Polvorines	Semestral	Brigada					√					
	INI	Área de generadores	Semestral	Brigada					√	√				
	PRV	Estación de gasolina	Semestral	Brigada					√	√				
	PRV	Taller-almacén	Anual	Mixto	√	√								
	PRV	Área de adsorción	Anual	Brigada					√					
	PRV	Área preparación de cianuro	Semestral	Mixto			√		√					
	PRV	Área de elusión	Semestral	Brigada		√	√		√					
	PAD	Área de electrólisis	Semestral	Brigada			√							
	PAD	Área de neutralización	Semestral	Brigada			√							
	PAD	Área de riesgo de pilas	Semestral	Mixto			√							
	PAD	Patio de lixiviación	Anual	Brigada		√	√							
	PAD	Área de filtrado	Anual	Brigada			√							
	INI	Almacén químicos	Anual	Brigada			√							
	INI	Área de laboratorio	Anual	Brigada			√							
	OM	Área de tajos	Anual	Mixto		√	√							

6.4.6.4. Plan para la prevención y control de emergencias y derrames y otras contingencias

El Plan de Emergencias, cuenta con la información de control que se cita enseguida.

- Conceptos básicos en emergencias y estructura del plan maestro:
- Plan de acción en emergencias
- Organización del comité de emergencias-organigrama solo por puesto y nombre.
- Procedimiento de operación del comité de emergencias
- Que debe saber y hacer todo el personal en emergencias
- Identificación y comunicación de emergencias
- A quien informar en caso de emergencias
- Directorio interno y externo para emergencias
- Lista conceptual de control de personal en sitio y fuera del sitio

Cabe destacar que si bien el desarrollo de las operaciones de procesamiento de minerales en la Unidad, demandan la integración de muchos esfuerzos para reducir riesgos a los trabajadores y al medio ambiente, el personal de la empresa se deberá encontrar preparado para tales situaciones con la implementación del Plan de Atención a Emergencias (PAE) que debe entenderse como el Plan para la prevención y control de emergencias, derrames y otras contingencias una vez que éste sea adecuado e implementado. Una parte importante de este plan hace referencia al manejo de posibles liberaciones accidentales, ya sean en estado sólido, liquido o gaseoso, de materiales peligrosos que pudieran ocurrir durante su transporte, almacenamiento, uso y procesamiento, entre los cuales está considerado el cianuro, que; por lo cual resulta necesario tomar en cuenta tanto la forma de transportación del cianuro al sitio, el uso del cianuro en la Unidad, fallas de equipos e instalaciones en que se procesa, las condiciones climáticas y eventos sísmicos.

Las siguientes metas que se persigue alcanzar con el PRE, requieren del desarrollo sistemático de un conjunto de acciones y actividades enfocadas a una respuesta organizada a los incidentes o contingencias que pudieran presentarse.

- Dar seguridad al personal de la empresa y a sus visitantes.
- Asegurar la continuidad de las operaciones productivas.
- Proteger los bienes y activos de la empresa.
- Contribuir al cuidado del medio ambiente.
- Contribuir a la seguridad de la comunidad vecina (De Dolores, estado de Guanajuato).
- Cumplir con las leyes, reglamentaciones y normas en la materia.

6.4.6.5. Bases y criterios del Plan

La estrategia para proteger de una contingencia al personal de la Unidad, a comunidades vecinas y al medio ambiente, está basada en el estudio de evaluación y análisis de los riesgos que representan una amenaza a las operaciones, al medio laboral y al medio ambiente, y por consecuencia el desarrollo de los cuatro siguientes programas ha sido necesario para hacer lo conducente en cuanto a la preparación y asignación de recursos que se requieren para una respuesta eficaz en la atención de emergencias.

a) Programa de protección: dirigido al personal e instalaciones, equipo de emergencias (adquisición e inspección) y al plan de evacuación,
b) Programa de transferencia de riesgos enfocado al plan de seguros,
c) Programa de control de emergencias y,
d) Programa de auditoría: relacionado con el seguimiento, evaluación y mantenimiento del PAE.

Teniendo en consideración que la mayoría de proveedores de cianuro tienen procedimientos detallados de respuesta en emergencias, estos serán adoptados previa revisión y adaptación a las condiciones locales para conseguir su adecuación con fines prácticos a los recursos humanos y materiales con que cuenta la Unidad Minera. Así mismo otro soporte relevante en la preparación y elaboración del PRE, es la Guía de

Respuesta en Caso de Emergencia 2004, para la primera respuesta en la fase inicial de un accidente ocasionado por materiales peligrosos, la cual fue desarrollada conjuntamente por el Departamento de Transporte de Canadá (TC), el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) y la Secretaria de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), contando con la cooperación del Centro de Información Química para Emergencias (CIQUIME) de Argentina.

En emergencias la siguiente disposición será de observancia para todo el personal en general, la cual está referida a que en cualquier acción que implique solicitar apoyo proveniente de autoridades e instituciones del gobierno tales como las fuerzas armadas, protección civil, bomberos, grupos de rescate e instituciones médicas, la autorización deberá provenir del Gerente General de la empresa.

6.4.6.6. Programa de protección

Personal e Instalaciones. Esta parte preventiva del PRE, contempla el entrenamiento del personal ocupacionalmente expuesto al cianuro, en como operar de manera segura las instalaciones, de acuerdo a los sistemas y procedimientos inherentes a su manejo. Capacitación a todo el personal en el uso de procedimientos de transporte, almacenamiento y manejo.

- Instalación de diques y bombas contra derrames en almacenes, tanques y tuberías.
- Instalación de rótulos y señalización en almacenes, tanques y tuberías.
- Instalación de alarmas visibles y sonoras.
- Programa de inspecciones planeadas.

Equipo de Emergencias. Los recursos que en su momento serán asignados tales como materiales, herramientas y equipo con que cuenta la Unidad Minera para respuesta en emergencias y que deben corresponder a combate de incendios, rescate y salvamento, evacuación y primeros auxilios; entre los que deberán incluirse equipo y material médico para atender casos de intoxicación con cianuro.

Plan de Evacuación. Preparación requerida para responder a una liberación de cianuro al ambiente con la finalidad de proteger la salud del personal expuesto. Comprende entre otras tareas, señalizar las rutas de evacuación en oficinas, edificios e instalaciones de las áreas de trabajo así como la instalación de alarmas y sus respectivos programas de inspección y cuando menos, una vez al año deben realizarse con todo el personal, simulacros de evacuación a un lugar seguro.

Plan de Emergencias en Transportación de Cianuro de Sodio, fue preparado con base en los procedimientos específicos implementados por las empresas que prestan el servicio de transportación del químico entre el proveedor y la Unidad Minera y que incluye los conceptos siguientes:

- Objetivo
- Alcance
- Requisitos
- Definiciones
- Desarrollo
- Cuestionario
- Teléfonos para emergencias las 24hr del día
- Documentos obligatorios para el viaje
- Que hacer en caso de emergencia
- Pasos de aviso de emergencia en la transportación
- Lista de herramientas
- Listas de verificación de equipo para emergencias en transportación de cianuro de sodio.

6.4.6.7. Procedimientos específicos para la respuesta a posibles eventos de riesgo identificados dentro de las instalaciones

Además de los Planes de Emergencia mencionados con anterioridad (Plan Maestro como de Transportación de Cianuro de Sodio), dentro de los procedimientos con que se

cuenta en el, señalado en el inciso anterior, se anexa el procedimiento incluido dentro del Plan de Respuesta de Emergencias por Cianuro.

Adicionalmente la Unidad Minera deberá implantar procedimientos específicos técnicos que regulan las operaciones como aquellos de cumplimiento de las disposiciones de índole laboral que marcan diversas normas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social, entre ellas la Norma Oficial Mexicana **NOM-023-STPS- 2012** sobre Trabajos en Minas, Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, de donde emanan Procedimientos Seguros del Trabajo que describen las actividades y directrices de seguridad para cada puesto de trabajo.

6.4.7. Programa de Reforestación (PR)

6.4.7.1. Objetivos

General

Desarrollar un plan de reforestación con especies nativas del área del proyecto, ya sea con material vegetativo o con plántulas reproducidas en vivero, como compensación ambiental por la pérdida de vegetación en una superficie de 168.02 hectáreas, por la implementación del proyecto.

Específicos

- Realizar una reforestación con fines de compensación y restauración forestal.
- Reforestar con plantas nativas de la zona.
- Realizar reposición de las pérdidas de plantas un año después del desarrollo de la reforestación.

6.4.7.2. Proceso de Planeación de la Reforestación

El desarrollo de una reforestación depende principalmente de cinco factores fundamentales:

1. La selección correcta de especies en el sitio a reforestar.

2. El uso de germoplasma de la mejor calidad genética y fenotípica posible con un suministro oportuno y permanente.
3. Un buen sistema de producción de planta y transporte de ésta al sitio a reforestar.
4. Plantar en la época adecuada para asegurar el mayor porcentaje de sobrevivencia de la especie.
5. La aplicación de técnicas silvícolas apropiadas para favorecer el desarrollo de las plantas y un buen manejo del predio reforestado.

Además de lo anterior, se deben considerar los siguientes puntos (secciones) de la planeación para obtener un mayor éxito.

6.4.7.3. Selección del sitio a reforestar

El sitio donde se establecerá la reforestación ya se encuentra definido serán las superficies aledañas del proyecto que equivalen a 168.1693 hectáreas denominados sitios de compensación ver figura VIII.10, localizados en los polígonos delimitados en las tablas de la VIII.13 a la VIII.20. Se recomienda hacer recorridos de campo para conocer y analizar cuidadosamente las características sociales y ecológicas del predio, así como determinar cuáles son los factores adversos del medio ambiente a los que habrá que enfrentarse para lograr una reforestación efectiva.

6.4.7.4. Criterios a Considerar en el sitio a forestar

Las áreas para reforestar deben reunir características ambientales mínimas que aseguren la viabilidad de los trabajos de restauración forestal.

- Las características ambientales mínimas que se eligieron para la reforestación son:
- Profundidad de suelo de por lo menos 30 cm.
- Textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no compactados y textura adecuada).
- Existencia de un estrato herbáceo que al menos alcance a cubrir el 80% del terreno.

- Formas de erosión que estén dentro de lo permisible, o en caso contrario que puedan ser controladas con prácticas de conservación de suelo, que si se acompañara la reforestación con obras de apoyo.
- Terrenos que presenten el mismo clima del área del proyecto, en el cual se presente el mismo tipo de vegetación.

6.4.7.5. Elección de las especies a reforestar

El éxito de una reforestación está basado en la elección de especies adecuadas para reforestar, tanto por semilla, por propagación vegetal (partes de las plantas) o individuos completos; para esto conviene elegir las especies de la región que mejor se adapten a las condiciones del ecosistema en cuanto a suelo, clima, topografía, disponibilidad de agua, vegetación natural y los objetivos de la plantación, entre otras. Para elegir la especie o especies adecuadas hay que realizar un recorrido previo y documentar las especies presentes cercanas al área a reforestar.

El objetivo del presente trabajo de reforestación, tiene fines de restauración, por lo que se deben seleccionar preferentemente las especies forestales nativas con posibilidades de cubrir más rápidamente las superficies desprovistas de vegetación.

6.4.7.6. Densidad y arreglo de la reforestación

La reforestación de individuos forestales comprende un conjunto de actividades tales como la planeación, la operación, el control y la supervisión de todos los procesos involucrados en la reforestación. Para que toda reforestación se logre se deben realizar los estudios de campo necesarios, que permitan conocer las condiciones del sitio y definir las especies a establecer, el vivero de procedencia, el medio de transporte, las herramientas a utilizar, la preparación del suelo, el diseño, los métodos, los puntos críticos de supervisión durante las actividades de campo, la protección, el mantenimiento y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito de la reforestación.

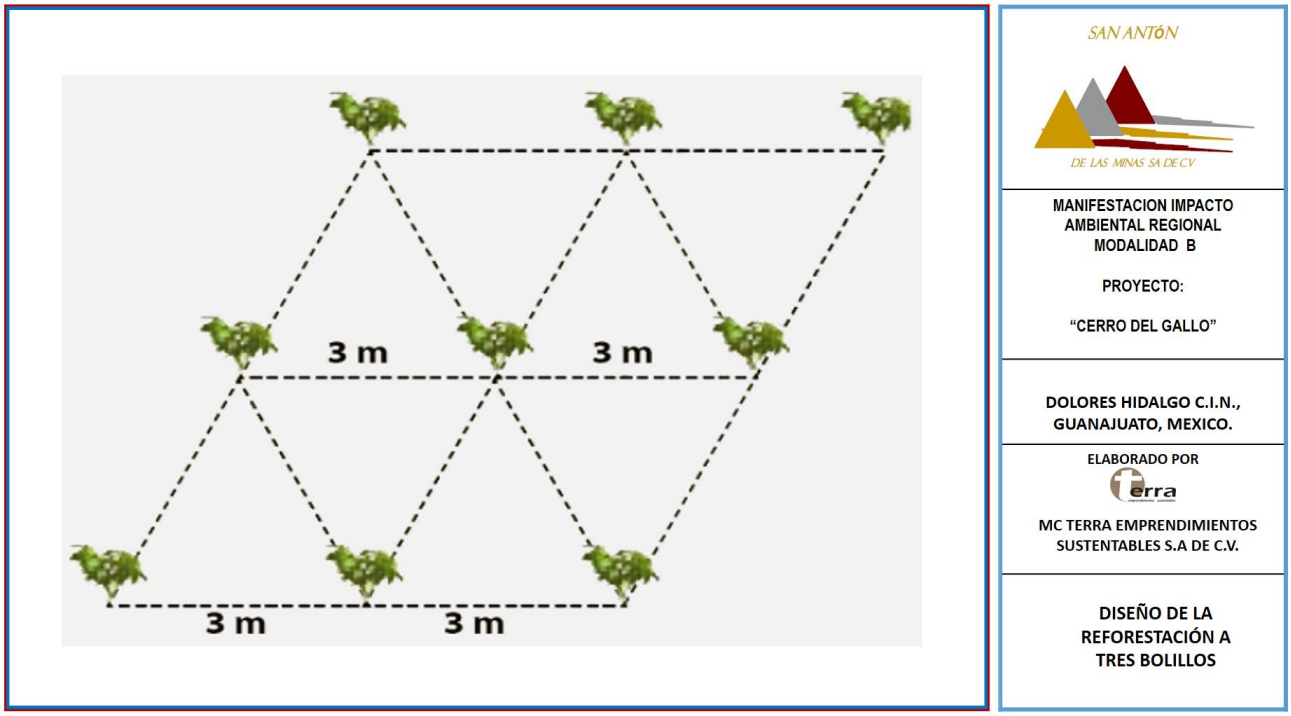
6.4.7.7. Densidad de la reforestación

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en este tipo de ecosistema recomienda reforestar con 1100 plantas por hectárea en ecosistemas de climas templado.

6.4.7.8. Reforestación en tres bolillos

Las plantas se colocan formando triángulos equiláteros (lados iguales). La distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta. Este arreglo se deberá utilizar en terrenos con pendientes mayores a 20 por ciento, aunque también se puede utilizar en terrenos planos. Las líneas de plantación deberán seguir las curvas de nivel. Con este tipo de diseño se minimizar el arrastre de suelo y a su vez aprovechar los escurrimientos.

Figura VII. 12. Diseño de la reforestación tres bolillos



6.4.7.9. Maniobras de reforestación

6.4.7.9.1. Embalaje y transporte

Para asegurar el éxito de la reforestación se debe evitar la excesiva manipulación de las plantas, en ese sentido, si la distancia entre el vivero y la plantación es considerable transportar las plantas con el mayor cuidado posible utilizando un método de embalaje apropiado para la manipulación y exposición de plantas al aire libre y viento.

Al comenzar la reforestación, se iniciará conjuntamente un intenso traslado y movilización de plantas desde el vivero a las áreas donde se posicione la planta para las cuadrillas de plantación, como los mismos operarios; el que debe ser lo más expedito posible.

Se recomienda evitar el traslado, manipulación y movilización excesiva de plantas. Cuando el sistema radicular de la planta se expone a la acción desecante del viento y del sol, el cual produce deshidratación dé la raíz, provocando un bajo prendimiento de la plantación.

Para la plantación se asegurará que cada plantador use una caja de plástico chica con capacidad para 100 plantas de charola.

No se debe de manipular la planta tomándola del follaje ya que puede producir daños mecánicos como rotura del tallo.

Además, las raíces no deben exponerse por demasiado tiempo a condiciones de altas temperaturas.

6.4.7.9.2. Selección de plantas.

Uno de los aspectos importantes a considerar una vez preparado el sitio de la reforestación, es la condición de la planta a utilizar, lo que garantiza en gran medida la sobrevivencia deseada. En la actualidad la producción de plantas tiende a efectuarse en

contenedores especiales que ofrecen mayores beneficios en el cuidado y manipulación tanto en el lugar de producción como en el traslado hacia la plantación.

Las características deseables que deben presentar las plantas seleccionadas para la plantación son: estar sanas y vigorosas, tallo fuerte y bien lignificado, entre 25 y 35cm, y un diámetro de cuello de mínimo 4-5 mm; deben tener además raíces activas en el tubete (extremos de raíces se visualizan como puntos blancos), y el sustrato debe ser lo suficientemente firme de manera de no disgregarse el extraer la planta del contenido.

Es necesario que la planta tenga suficientes raíces finas, que son las que crecen más rápido y absorben mejor los nutrientes y el agua.

6.4.7.9.3. Las raíces no deben presentar enrollamientos ni deformaciones.

Se debe desechar toda aquella planta que presente daños en el tallo, raíces o inserciones de las hojas al tallo bien sea por hongos o cualquier otro tipo de agente patógeno.

La planta debe presentar una sola guía principal no muy tierna ya que será más sensible a daños tanto físicos como de tipo fitosanitario.

La disposición de las hojas en el tallo no debe ser menos de 2 cm; además, la presencia de muchos pares de hojas color rojizo/marrón y muy juntos unos de otros son síntomas de una planta envejecida y excesivamente dura.

Una planta de mala calidad en general tiene raíz pequeña, dos puntas o flechas, daños mecánicos, pérdida de hojas y hojas amarillentas, de tamaño pequeño y escaso vigor.

6.4.7.9.4. Procedencia de las plantas

La procedencia de la planta es muy importante para asegurar la sobrevivencia y permanencia de las plantas en los sitios ya reforestada.

Para la producción de planta en vivero lo más conveniente es que la recolección de semillas forestales provenga de la misma zona y que además cuente con las mismas características ecológicas del área a reforestar.

6.4.7.10. Técnica y establecimiento de la plantación

Para el establecimiento de la plantación, dependiendo del sistema a utilizar y la superficie a reforestar, se podrán emplear diversos tipos de herramientas y maquinaria para la apertura de cepas y poder así llevar a cabo la reforestación con mayor eficiencia y economía.

Es importante considerar además la experiencia en actividades de reforestación por parte de los ejecutantes y los asesores. En caso de identificar deficiencias en alguno de los factores es necesario implementar acciones de capacitación práctica que ayuden a mejorar las actividades de reforestación.

El tipo de técnica aplicado será manual, para lo que se utilizarán herramientas tales como pala y un pico con el que se le da la forma de media luna.

Se recomienda regar las plantas en el vivero donde se adquieran, previo al traslado para facilitar la extracción del recipiente que la contiene, sin que se destruya el sustrato que la sostiene y asegurar en aprovisionamiento de agua para los primeros días después de la plantación.

Al momento de la plantación hay que tener las siguientes consideraciones:

Previo a la plantación, se recomienda hacer una poda de raíz si ésta es necesaria, recortando las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular. Si se poda la raíz es necesario podar un poco el follaje lateral para compensar la pérdida de raíces y evitar la deshidratación de la planta en tanto se arraiga en el terreno.

Retirar del envase sin dañar la raíz (retirar la planta de la cavidad de la charola).

Después de haber colocado la planta, se compacta la tierra de tal forma que no quede tan fuerte para permitir la aireación y drenaje en el suelo.

Se recomienda apisonar ligeramente el suelo para que no queden espacios de aire en la cepa y evitar la deshidratación de la raíz de la planta, ya que desde su extracción del vivero donde se adquieran hasta la plantación está sujeta al estrés físico por el movimiento.

Para el caso de reforestación con material vegetativo se recomienda su recolección de plantas sanas y vigorosas, así como al ser plantadas, tienen que tener la herida cicatrizada o con el nacimiento de raíces si es el caso.

6.4.7.11. Temporada de la reforestación

Este factor tiene influencia directa en la sobrevivencia de la planta y en el crecimiento inicial, de tal forma que la plantación se debe establecer cuando se presente el balance hídrico más adecuado (alta humedad atmosférica y coeficiente de evaporación mínimo).

La mejor época de plantación es cuando el sitio cuenta con las siguientes condiciones: suelo húmedo, precipitación presente, mínima evapotranspiración, sistema radicular de la planta en latencia.

Considerando lo anterior, se propone que se realice el trabajo de plantación en los meses de junio y agosto, por ser la época de lluvias.

6.4.7.12. Seguimiento de la reforestación

En esta etapa se realizan diversas acciones para favorecer el desarrollo y crecimiento de las plantas. Se recomienda que las actividades de mantenimiento se realicen por lo menos hasta el tercer año de haber sido establecida la reforestación, para asegurar su

permanencia, para el presente trabajo de restauración forestal se plantea que se desarrolle a cinco años. Las actividades de seguimiento son las siguientes:

6.4.7.12.1. Control de maleza

El control de la maleza es recomendable y consiste en eliminar toda vegetación indeseable que limite el desarrollo de las plantas reforestadas. Este trabajo puede hacerse de manera manual o mecánica empleando diferentes tipos de equipo y herramientas. La maleza removida es susceptible de ser utilizada como arrope para guardar humedad.

6.4.7.12.2. Fertilización

Es recomendable usar fertilizaciones a base de abonos naturales o fertilizantes orgánicos tales como estiércol, gallinaza, composta o residuos de cosechas anteriores. Los abonos naturales son más inocuos con el medio ambiente, aunque su disponibilidad es limitada para proyectos de grandes dimensiones.

6.4.7.12.3. Reposición de planta muerta

Para mantener la densidad definida de la plantación es necesario reponer las plantas muertas a un año de esta, contemplando un 20 % de mortandad.

6.4.7.12.4. Monitoreo de plagas y enfermedades.

Se realizarán recorridos periódicos para detectar posibles brotes de plagas y enfermedades y así aplicar las medidas correctivas correspondientes.

6.4.7.12.5. Rehabilitación de brechas cortafuego

Esta actividad se desarrollará durante los cinco años de seguimiento de la reforestación.

6.4.7.13. Cronogramas de actividades

Es importante llevar un control temporal de las actividades que se van a realizar durante el Programa de reforestación, pues esto permite darle seguimiento al plan de trabajo establecido. En la siguiente tabla se muestra el Cronograma de actividades.

Tabla VII. 27. Cronograma de actividades para el programa de reforestación

Actividad	Año 1												Año			
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	2	3	4	5
Selección de las áreas a reforestar																
Determinación de cantidad y especies requeridas																
Obtención de planta de vivero																
Recolección de planta de material vegetativo																
Preparación del terreno																
Transporte de planta																
Plantación																
Fertilización de la plantación																
Seguimiento (5 años)																
Mantenimiento de áreas reforestadas (1 año)																
Mantenimiento de otras obras (5 años)																
Recorridos de monitoreo																

6.4.8. Programa de Cierre y Abandono (PCA)

Un componente estratégico de los proyectos mineros corresponde a la elaboración de un Plan de Cierre de operaciones, una tarea de vital importancia tanto para la industria minera como para las comunidades aledañas a la operación. El proceso de planeación de cierre debe incluir estrategias de restauración, así como la determinación de los recursos económicos necesarios para poner en práctica estas estrategias. Esto se traduce en una herramienta de revisión y objetivos firmes a ser acatada y revisada con base en los avances, mejoras y nuevas alternativas disponibles y cambios suscitados a partir de procesos de participación por parte de la comunidad y autoridades.

El proceso de planeación de restauración ecológica por las afectaciones derivadas de operaciones no está estandarizado, ya que cada mina presenta características propias que influencian los procedimientos que se utilizarán en su Plan de Cierre. Sin embargo, un conjunto de objetivos bien definidos debe ser establecido para conseguir un plan de cierre exitoso. Estos objetivos deben tomar en cuenta la legislación vigente, las políticas de la compañía y los resultados de un proceso de consulta con la comunidad.

Para evaluar las medidas de restauración se deben tomar en cuenta diversos criterios, por ejemplo, los requerimientos para conseguir las condiciones ambientales esperadas, el costo del Plan, la tecnología disponible, el desempeño a largo plazo de las técnicas de restauración escogidas, y los requerimientos de mantenimiento y monitoreo del sitio.

6.4.8.1. Principio del cierre de operaciones

Existen una serie de procedimientos básicos de restauración que deben observarse independientemente de la actividad de cierre a llevarse a cabo. Estos procedimientos son:

- Movimiento de tierras.
- Control de erosión.
- Tratamiento de aguas y/o materiales.
- Revegetación.

- Monitoreo.

6.4.8.2. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras consiste principalmente en la re-nivelación del terreno de acuerdo con los requerimientos establecidos por el uso de suelo propuesto; asimismo, el movimiento de tierras incluye la construcción de cubiertas para controlar la infiltración de agua y proporcionar el medio adecuado para el crecimiento de la vegetación, y el restablecimiento de los patrones naturales de drenaje que fueron perturbados durante las operaciones mineras.

El movimiento de tierras debe lograr un uso de suelo sustentable y minimizar el mantenimiento requerido después del cierre. Los ángulos de talud en bancos, terreros y pilas de material debe suavizarse hasta alcanzar menos de la mitad del ángulo de reposo del material, el cual usualmente se encuentra entre 30° y 40°. Sin embargo, los ángulos de talud requeridos para el cierre de estructuras estarán determinados por una serie de factores, tales como, las pendientes del terreno natural circundante, geología de cortes (bancos), la configuración que brinde una estabilidad a largo plazo de las estructuras, condiciones impuestas por las concesiones mineras y restricciones legales.

Los principales movimientos de tierras anticipados para fines de restitución y cierre de la unidad minera, corresponden a:

- Eliminación de depósitos superficiales de materiales (tepetate, suelo).
- Cubierta de patios de lixiviación agotados (considerando el terrero como principal banco de material) y estabilización física, química y biológica.
- Colocación de material de contrafuertes en patios de lixiviación (de ser necesario) para aseguramiento de estabilidad a largo plazo y control de taludes.
- Otros movimientos puntuales, tales como relleno o demolición de piletas, construcción de bermas y obras de control pluvial.

- La infiltración de la precipitación pluvial debe evitarse en los depósitos de tepetate si existe potencial generación de ácido; si este es el caso, estas estructuras deben:
  - Eliminar cantidad suficiente de material con potencial de generación de acidez (drenaje acido de roca “DAR”) hasta obtener un balance adecuado de neutralización – drenaje neutral de mina.
  - En caso de zonas con dificultad de recuperación de roca “DAR”, se deberá considerar el encapsulamiento por medio de una cubierta de baja permeabilidad (arcillas compactadas para limitar infiltración y reducción ingreso de oxígeno a los estratos de interés) para prevenir que la infiltración alcance los materiales reactivos y potencial de movilización de metales y metaloides.
  - En caso de presentar materiales con potencial de generación de acidez, el escenario ideal corresponde a la caracterización y segregación de tales materiales para su aprovechamiento como banco de material de relleno de mina, eliminándolo de superficie para una disposición apropiada (reducción de oxidación, eventual inundación de mina).

6.4.8.3. Control de erosión

El control de erosión consiste en la aplicación de medidas para controlar el efecto erosivo del agua y el viento; sin embargo, debido a que la erosión eólica se minimiza utilizando cubiertas y vegetación, el control de erosión puede ser definido como el uso de estructuras de drenaje para controlar el cauce y la velocidad del agua superficial en el sitio durante las esporádicas lluvias de la zona. Estas estructuras de drenaje deben estar diseñadas para permanecer en operación durante muchos años y debe considerarse su mantenimiento periódico para evitar el deterioro causado por el tiempo.

La erosión es una de las fuerzas naturales más debilitantes. Específicamente, la erosión causada por escurrimientos es muy destructiva, ya sea causada por precipitación pluvial o por un flujo excesivo proveniente de estructuras creadas por el hombre.

Una perturbación superficial generalmente incrementa la erosión y la sedimentación. Si esto no es controlado de manera adecuada puede causar impactos ambientales serios por lo que es de vital importancia controlar los escurrimientos en las estructuras que permanecerán después del cierre de operaciones. El sistema de drenaje debe estar diseñado para conducir de manera segura el agua recolectada a sitios específicos (cauces y/o zonas de infiltración) y de esta manera, evitar la erosión.

Además de los movimientos de tierra necesarios para minimizar la erosión, se deben construir estructuras para desviar y conducir el agua fuera de la propiedad. Estas estructuras funcionan ya sea interceptando el agua antes de entrar el área perturbada para conducirla a los cauces naturales, o recolectando el agua y conduciéndola fuera del área perturbada.

Al diseñar las estructuras de conducción se debe tomar en cuenta los eventos de precipitación máxima, así como su tiempo de recurrencia y el tiempo de acumulación, la duración proyectada de estas estructuras y un análisis de riesgo por fallas.

Con el fin de proteger la integridad de las estructuras de desvío se debe controlar la velocidad del agua. En caso de que esto no pueda lograrse, las estructuras deben ser recubiertas con materiales resistentes a la erosión, siendo adecuado el empleo de roca y tepetate de tamaño medio dadas las condiciones de reducida precipitación. En los casos donde no sea posible eliminar la erosión se deberán construir estructuras para controlar los sedimentos. Estas estructuras deben estar colocadas lo más cerca posible a la fuente de sedimentos.

6.4.8.4. Revegetación

La revegetación consiste en la aplicación de tres procedimientos conocidos como siembra, abrigamiento y fertilización. La siembra puede efectuarse utilizando diversos métodos para colocar la semilla/plántula en el suelo. El abrigamiento consiste en colocar

una cubierta protectora sobre el suelo para protegerlo de los efectos climáticos y proporcionar mejores condiciones para el crecimiento de la vegetación. Por su parte, la fertilización es un procedimiento para promover el crecimiento de la vegetación utilizando compuestos ya sean orgánicos o químicos, prefiriéndose la aplicación de abono procedente de estiércol de ganado.

La revegetación es una actividad esencial para estabilizar el terreno durante el cierre. El objetivo principal de la revegetación es proteger la superficie de la erosión y lograr un uso productivo del suelo. El resultado final de esta actividad es una comunidad sustentable de vegetación perenne.

Para llevar a cabo la revegetación, se requiere que se haya realizado con anterioridad la re-nivelación del terreno o que el diseño de la obra integre aspectos de estabilidad desde un inicio, la construcción de una cubierta de suelo y la construcción de un sistema de drenaje para prevenir erosión.

La revegetación inicial y de mayor compatibilidad con el entorno natural se realizará a través del rescate de plantas seleccionadas en base a criterios definidos (rareza, valor, servicio, etc.) y reubicadas en zonas aledañas a las operaciones pretendidas como medida de mejoramiento (mitigación y compensación) del entorno. Las nuevas plantaciones solo pueden llevarse a cabo por medios naturales (sucesión secundaria) y por revegetación en base a plántulas obtenidas tanto del vivero de mina como de vivero cercano (compra).

6.4.8.5. Monitoreo

Finalmente, el monitoreo es un procedimiento esencial para evaluar la efectividad de las medidas de cierre y restitución del sitio. Adicionalmente, el monitoreo indica oportunamente si las medidas de rehabilitación no están funcionando de acuerdo con cómo fueron planeadas. Usualmente el monitoreo debe ser llevado a cabo durante

períodos largos de tiempo, los cuales pueden llegar a perpetuidad en algunos países cuando existen condiciones tales como el drenaje ácido.

Actualmente se tiene implementado el Recinto Minero procedimientos específicos para asegurar la aplicación de las medidas preventivas y correctivas y mantener así los aspectos ambientales bajo control, en materia de agua, aire, ruido, suelo. Un programa de monitoreo exitoso utiliza tres enfoques: inspecciones visuales, levantamiento y muestreo, e instrumentación:

- Las inspecciones visuales consisten en observaciones cualitativas y mediciones simples (llevadas a cabo por personal capacitado, asesores y/o expertos en su área).
- El levantamiento y muestreo involucra la medición de un parámetro determinado (calidad de agua, concentraciones, densidades de individuos, sobrevivencia, superficies, etc.) en varios puntos para establecer su distribución.
- La instrumentación incluye la instalación de equipo de medición para la recolección periódica de datos.

6.4.8.6. Alcances del plan de cierre

El Plan de Cierre de la mina, comprende los siguientes puntos principales y consideraciones:

- Principios de restauración, objetivos y estándares.
- Sitios sujetos a restauración en base a cuantificación de superficies y sus condiciones (actuales y/o en proceso).
- Identificación de sitios sujetos a restauración y el tipo de maniobras requeridas.
- Caracterización del tipo de obra y sus implicaciones ambientales.
- Agrupamiento de zonas y tipos de actividades requeridas para categorías de infraestructura construida o planeada.
- Medidas de rehabilitación propuestas.
- Requerimientos generales para uso futuro del suelo.
- Revegetación.

- Identificación y delimitación de superficies adicionales susceptibles de restauración y mejoramiento para la integración del proyecto al entorno.
- Recomendaciones para el manejo y monitoreo de la restauración.
- Estimación económica de las áreas de afectación directa y de las zonas adicionales de restauración ecológica, conforme a precios actuales que deberán ser revisados de forma periódica, equipo básico que estará disponible durante las actividades de cierre, costos operativos, personal, estudios, labores de monitoreo y cumplimiento de normatividad aplicable (o estándares internacionales).

El Plan de Cierre es aplicable principalmente para la fase de abandono del sitio, aunque se contempla que algunas actividades puedan ser ejecutadas antes del cese de operaciones. La fase de cierre se traduce en el desmantelamiento, restauración y cierre final de la unidad minera y aquellas zonas afectadas por actividades mineras, industriales o de servicios para la mina.

El objetivo del desarrollo de esta Plan de Cierre, es establecer la propuesta y procedimientos adecuados para dejar la zona del proyecto del Recinto Minero (unidad minera y terrenos aledaños) en condiciones ecológicamente funcionales (en la medida posible) y estables en términos físicos y químicos, y, por consiguiente, otorgar la aptitud adecuada para futuros usos del terreno.

6.4.8.7. Estabilidad del sitio

El Plan de Cierre se enfoca en asegurar que el paisaje posterior al uso minero sea seguro y estable desde el punto de vista físico, geoquímico y ecológico. Se debe asegurar que la calidad de los recursos de agua en la zona sea protegida y que el plan de restauración sea bienvenido por las comunidades y autoridades. El óptimo desempeño de las actividades de restauración depende en gran medida de una participación relevante de los grupos de interés y de un adecuado monitoreo de las condiciones del sitio restaurado.

Los objetivos del Plan de Cierre incluyen la eliminación de obras que puedan llegar a considerarse como pasivos ambientales de largo plazo, el cumplimiento de la legislación vigente y la observación de los estándares internacionales establecidos. El proceso de restauración debe de conducir a una configuración del terreno estable y seguro para ser dedicada a otros usos productivos.

Los objetivos principales de un Plan de Cierre de actividades mineras son conseguir la:

- Estabilidad física.
- Estabilidad química.
- Estabilidad social.
- Estabilidad biológica.

6.4.8.7.1. Estabilidad física

La estabilidad física debe tomar en cuenta el deterioro natural de los materiales y las estructuras que permanecerán en el sitio después de que las operaciones hayan cesado. En la etapa de cierre cualquier instalación deberá cumplir el propósito para la que fue diseñada. Esto es, no se debe erosionar, deslizar o mover de su ubicación debido a los fenómenos naturales. Por lo tanto, se propone el monitoreo de la ejecución de las actividades que serán aplicadas para la estabilización física como por ejemplo de taludes y suavizado de pendientes.

6.4.8.7.2. Estabilidad química

La estabilidad química se refiere a la contención de sustancias químicas contaminantes y a evitar que las mismas sean introducidas al medio ambiente. La estabilidad química puede establecerse mediante el control de la fuente emisora, el control de migración o el tratamiento.

En base a la información provista por EDR, los patios de lixiviación que se producen en la operación no son generadores de drenaje acido ni tampoco presentan riesgo por movilidad de residuos peligrosos. Sin embargo, se han considerado la construcción de

pozas de sedimentación y monitoreo para remover sólidos en suspensión y verificar que los escurrimientos y descargas post-cierre cumplan con los lineamientos ambientales requerido.

6.4.8.7.3. Estabilidad social

La estabilidad social puede ser uno de los objetivos más difíciles de lograr, principalmente cuando se realiza el cierre de operaciones localizadas en áreas remotas, o cuando la comunidad depende de la mina para su sostenimiento. Esto lleva a que las oportunidades de diversificación sean escasas.

En estos casos la compañía debe minimizar el conflicto potencial considerando en su momento un proceso de consulta con la sociedad, en donde participen los niveles de gobierno correspondientes. El involucramiento de las autoridades gubernamentales debe asegurar a la comunidad que el impacto social se está tomando en cuenta y que alternativas de empleo están siendo evaluadas para diversificar la economía.

De la misma forma, la efectividad a largo plazo de las acciones de restitución y cierre de zonas afectadas dependerán directamente de la aceptación de posibles pláticas y acuerdos que puedan obtenerse con respecto a usos futuros de los terrenos.

Es importante asegurar un balance, en base a procesos de participación comunitaria, entre las zonas de conservación y los usos futuros de la tierra.

6.4.8.7.4. Estabilidad biológica

La estabilidad biológica considera el establecimiento de un ecosistema funcional y auto sostenible a mediano y corto plazo. De forma ideal, el objetivo corresponde al establecimiento de formaciones forestales correspondientes a la zona o establecimiento de parcelas reforestadas que permiten una adecuada sucesión vegetal de forma natural. En términos sencillos, se puede considerar como un sitio biológicamente estable cuando: los terrenos reforestados pueden proliferar por si solos, otorgan servicios ambientales,

albergan y atraen especies de fauna silvestre y cuando funcionan como hábitat natural y fuente de alimento.

La fauna debe contar con un entorno adecuado para la construcción de nidos y madrigueras, sitios de alimentación y cacería, así como ausencia de acciones que limiten el repoblado de la fauna silvestre, tales como actividad ganadera, cacería y presencia de humanos.

La revegetación debe llevarse a cabo en diferentes temporadas de la vida de la mina, comenzando por aquellas zonas previamente impactadas por actividades agropecuarias y adecuadas para la reubicación de especies rescatadas.

6.4.8.8. Descripción del plan de cierre de la mina

El Plan de Cierre de los patios lixiviación y la infraestructura minera miscelánea de mina, corresponde a la evaluación conceptual de posibles acciones para llevar a cabo la restitución del terreno a una condición compatible y asimilable por el entorno socio-ambiental de la zona. La elaboración y futuras actualizaciones del presente plan, se considera como un componente de vital importancia tanto para la industria minera como para las comunidades aledañas a la operación. Deseablemente, el proceso de planeación de cierre debe iniciar en las etapas iniciales del proyecto minero y debe incluir estrategias de restauración, así como la determinación de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proceso de cierre. Esto se traduce en una herramienta de revisión y objetivos firmes a ser acatada y revisada en base a los avances, mejoras y nuevas alternativas disponibles y cambios suscitados a partir de procesos de participación por parte de la comunidad.

6.4.8.8.1. Metodología de elaboración de las actividades de cierre propuestas

La metodología aplicada para el diseño del Plan de Restitución y Cierre, se basa en el cumplimiento con los objetivos de estabilidad, restauración ecológica, sustentabilidad y

viabilidad a largo plazo y la aplicación de estándares internacionales para el cierre de minas.

Los rubros considerados son:

- Revisión de información del muestreo y análisis de agua, patios y tepetate.
- Diseño conceptual conforme a criterios técnicos, económicos y ambientales.
- Mapeo del sitio basado en imágenes satelitales para la identificación de las zonas del sitio y la ejecución de cuantificaciones de las áreas de afectación.
- Caracterización del tipo de obra y sus implicaciones ambientales.
- Eliminación de obras, espacios, terrenos que se consideran apropiados para su exclusión de los alcances de planeación de restitución y cierre (terrenos con obras/infraestructura de utilidad social).
- Agrupamiento de zonas y tipos de actividades requeridas para categorías de infraestructura construida o planeada.

Identificación y delimitación de superficies adicionales susceptibles de restauración y mejoramiento para la integración del proyecto al entorno, ya sea con fines de conservación o como parte de la zona de transición entre la localidad y terrenos para uso forestal.

Estimación económica a nivel conceptual de las áreas de afectación directa y de las zonas adicionales de restauración ecológica, conforme a precios de la base de datos de comerciales y que fueron aplicados a proyectos ubicados en la misma región de la mina, mismos que deberán ser revisados de forma periódica. El equipo básico que estará disponible durante las actividades de cierre, costos operativos, personal, estudios, labores de monitoreo y cumplimiento de normatividad aplicable (o estándares internacionales).

6.4.8.9. Etapas del proyecto y cierre

Es importante retomar y resaltar el concepto de “Cierre”, bajo el cual, la restitución de superficies es una actividad constante y considerada dentro de las actividades de

operación de la Unidad Minera. Bajo este esquema, se comienza con la restauración desde la etapa final de operación hasta el momento de cierre y abandono.

A medida que se desarrolla la operación, se incrementan las obligaciones y compromisos en materia de inversión requerida para cierre de mina (crecimiento de huellas de maniobras, operaciones, crecimiento, ampliaciones, incremento de personal, patios de contratistas adicionales, etc.), lo cual resulta una dinámica lógica de la operación de la Unidad.

El crecimiento minero-industrial de la unidad minera debe ir acompañado de la restitución de aquellos espacios que llegan al final de su vida útil, que alcanzan su máxima capacidad de diseño o que han sido degradados y no presentan factibilidad de reutilización con fines productivos de la mina.

6.4.9. Programa de Capacitación y Educación Ambiental (PCEA)

La falta de información, concientización y capacitación sobre el valor ecológico de los ecosistemas, los bienes y servicios ambientales que éstos proporcionan, son causas de usos no apropiados que pueden determinar un mal manejo del ecosistema y que conlleva a un daño ambiental. En este tenor, se llevará a cabo la implementación de actividades de educación y difusión ambiental, orientado a incidir sobre todo el espectro de protagonistas del proyecto, tales como: directivos, empleados y prestadores de servicios que laboren o participen de alguna manera en el desarrollo del proyecto, de tal forma que todas las actividades sean calificadas mediante la impartición de pláticas inductivas.

Esta necesidad de acciones concretas de difusión, información y concientización ambiental orientadas a la protección, preservación del ecosistema en el sitio del proyecto se aplicarán en sus diferentes etapas de desarrollo (preparación, construcción, operación y mantenimiento). La capacitación que se lleve a cabo debe ser documentada como evidencia al cumplimiento. Los prestadores de servicios, contratistas y arrendatarios que

participan durante el desarrollo del proyecto deberán de sustentar que cuentan con la capacitación adecuada para llevar a cabo sus actividades correspondientes.

El proceso dinámico de educación ambiental con lleva, por un lado, las pláticas inductivas o talleres que se pretenden como parte de capacitación ambiental y por otro lado la difusión de información ambiental mediante la colocación de señalamientos en los frentes de trabajo, como se expresa gráficamente. Cabe señalar que la acción de Educación Ambiental coadyuvará a la atención de algunos impactos ambientales de manera indirecta, para la protección y conservación de recursos naturales tales como son la flora, fauna, agua, paisaje, hábitat y suelo.

6.4.9.1. Actividades

Se considera acciones concretas como:

- Concientizar a constructores y operadores del proyecto, sobre el valor e importancia de preservar el ecosistema en el predio y sus zonas de aledañas, promoviendo la sensibilización y la reflexión sobre estos temas.
- Informar al personal sobre las obligaciones ambientales que adquieren al formar parte de la fuerza laboral del proyecto, por ejemplo, el manejo adecuado de los residuos.
- Promover una actitud responsable en el manejo adecuado de los recursos naturales del área del proyecto como es la protección de flora y fauna.
- Colocar señalamientos y carteles ambientales en el sitio del proyecto con énfasis en las áreas consideradas frágiles orientado a fines de protección, prevención, restricción, manejo y/o uso.

6.4.9.2. Diseño e impartición de talleres y cursos de capacitación ambiental

Como ejemplo del contenido de este tipo de talleres, en la siguiente tabla se presenta una relación de los temas propuestos que deberán ser abordados para la capacitación básica de los diversos.

Tabla VII. 28. Ejemplo del contenido de los talleres para educación y difusión ambiental a impartir

Tema	Contenido	Objetivos
Fauna	**Fauna en el sitio del proyecto.** ✓ Importancia ambiental. ✓ Fauna protegida conforme la Normatividad Ambiental. ✓ Manejo de fauna.	Informar sobre el valor ecológico de la fauna y la normatividad que existe para propiciar su cuidado y conservación de la fauna. Proporcionar conocimiento al personal operativo para el manejo de la fauna y para que contribuyan con la conservación y apreciación de la fauna (solo se dará al personal de las brigadas de rescate de fauna); al demás personal se le informará cual será el modo de acción si llegaran encontrar a un individuo de fauna silvestre.
Vegetación	**Vegetación en el sitio del proyecto.** ✓ Tipo de vegetación en el sitio del proyecto. ✓ Importancia ecológica del ecosistema presente en el sitio del proyecto (área agrícola).	Generar concientización y conocimiento sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas considerando los servicios y bienes ambientales que ellos proporcionan. Lograr la toma de conciencia y el desarrollo de valores y actitudes que permitan contribuir a la protección de remanentes vegetación MDM y MET, presente en el área del proyecto.
Manejo integral de Residuos	**Manejo de residuos sólidos (de tipo urbanos, de manejo especial y peligrosos).** ✓ Definición de residuo. ✓ Legislación mexicana en materia de residuos. ✓ Diferentes tipos de residuos que serán generados a lo largo del proyecto. ✓ Manejo integral de los residuos que serán generados en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto. ✓ Difusión de programas de reciclaje. ✓ Manejo, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas. ✓ Impacto en el medio ambiente por la disposición inadecuada de residuos.	Explicar la forma en que se clasifican los diferentes tipos de residuos que se generarán en el proyecto. Explicar el concepto de manejo integral de residuos, debido a que es una herramienta esencial para evitar la contaminación del ecosistema. Enfatizar el papel y compromiso que tiene cada trabajador con respecto cuidado y protección al medio ambiente por sus actividades durante el desarrollo del proyecto. Difundir los impactos ambientales positivos del reciclaje de residuos. El personal deberá conocer los conceptos básicos de almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas.
Manejo integral de Residuos	**Manejo de residuos sólidos (de tipo urbanos, de manejo especial y peligrosos).** ✓ Definición de residuo. ✓ Legislación mexicana en materia de residuos. ✓ Diferentes tipos de residuos que serán generados a lo largo del proyecto. ✓ Manejo integral de los residuos que serán generados en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto. ✓ Difusión de programas de reciclaje. ✓ Manejo, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas. ✓ Impacto en el medio ambiente por la disposición inadecuada de residuos.	Explicar la forma en que se clasifican los diferentes tipos de residuos que se generarán en el proyecto. Explicar el concepto de manejo integral de residuos, debido a que es una herramienta esencial para evitar la contaminación del ecosistema. Enfatizar el papel y compromiso que tiene cada trabajador con respecto cuidado y protección al medio ambiente por sus actividades durante el desarrollo del proyecto. Difundir los impactos ambientales positivos del reciclaje de residuos. El personal deberá conocer los conceptos básicos de almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas.

6.4.9.3. Diseño y colocación de señalamientos y carteles ambientales

Para el tipo de materiales de difusión a elaborar en el marco de este programa, los señalamientos deberán tener un enfoque informativo, prohibitivo, restrictivo, o preventivo, para conservar los recursos naturales, para evitar daños al ambiente, o accidentes de trabajo en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto (ver siguiente

tabla). Los materiales impresos deberán considerar en su diseño figuras que representen modelos a seguir en el desarrollo del proyecto.

Tabla VII. 29. Ejemplo de los señalamientos y carteles ambientales

Tema	Tipo de mensaje que deberán de contener los señalamientos y carteles ambientales		
	Informativo	**Prohibitivo/ Restrictivo**	**Preventivo**
Fauna	Área con presencia de fauna (se indicará el nombre común de las especies de fauna, se incluirá fotografía y los sitios donde podría encontrar).	No dañar a la fauna. No cazar. Límites de velocidad. Prohibido molestar a la fauna.	Precaución: área con presencia de fauna (se indicará la fauna que podría representar algún peligro para los trabajadores, y el personal capacitado para su manejo). Dependerá del frente de trabajo.
Vegetación	Áreas con presencia de vegetación (se indicará el nombre común de las especies de flora, se incluirá fotografía y los sitios donde podría encontrar).	No dañar a la vegetación. Límite del área de trabajo. Prohibida la extracción de vegetación.	Precaución: área con presencia de vegetación (se indicará el nombre común de las especies de flora y dependerá del frente de trabajo).
Manejo Integral de Residuos	Tipos de residuos. Ubicación de las áreas de disposición de residuos peligrosos y no peligrosos. Manejo de residuos no peligrosos (plásticos, papel, envases, comida, etc.). Manejo de residuos peligrosos (trapos con aceites, estopas, sobrantes de pinturas, solventes, filtros de aceite, etc.)	Se prohíbe arrojar o depositar cualquier tipo de residuo fuera de los contenedores o de las áreas asignadas. No fumar en las cercanías de las áreas de disposición de residuos. No mezclar residuos peligrosos con no peligrosos.	Precaución: área de disposición de residuos peligrosos. Atención a emergencias ambientales por disposición inadecuada de residuos.

6.5. Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

La información necesaria para determinar el valor de las medias de prevención y mitigación establecidas en la MIA-R parten específicamente de la integración del Programa de Manejo Ambiental, así como de los términos y condicionantes determinados en el Oficio Resolutivo que para tal efecto expida la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, con ambos elementos se podrá estimar el monto de la garantía financiera para las actividades en la fase de la preparación del sitio, construcción, operación-mantenimiento y cierre-abandono del Proyecto.

El análisis de costos de las obras y actividades que deberán realizarse durante las etapas de operación, mantenimiento y abandono del proyecto y sus obras asociadas para el cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos y riesgos ambientales. A partir de los valores que se obtengan se propondrán los montos por la empresa promovente, deberá asegurarse a fin de estar cubierto ante eventuales daños al ambiente que pudieran ocurrir durante la preparación del sitio, construcción, operación-mantenimiento y cierre-abandono del proyecto.

Para la evaluación de los costos de las medidas de prevención y mitigación de la etapa de preparación del sitio, construcción, operación-mantenimiento y cierre- abandono se derivan de costos unitarios por el desarrollo de las actividades de ejecución y de inspección a precios de mercado por hora hombre o en su caso por la prestación del servicio completo en la ejecución de los programas específicos que se ejecutarán.

Para el caso de las condicionantes y términos los costos derivan de las gestiones administrativas y de pagos de derechos cuando se traten de modificaciones o ampliaciones, así como la integración de solicitudes e informes ante la autoridad ambiental.

Para la evaluación de los daños ambientales por riesgo del Proyecto, se procederá a describir el proyecto y sus elementos, lo que motivo la obligación de la garantía

financiera. El monto definitivo de la garantía financiera se debe de realizar una vez, que haya sido aprobado el proyecto para integrar el cumplimiento de los términos y condicionantes que se establezcan por parte de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.

CAPÍTULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

CONTENIDO

7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 1
7.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto 2
7.1.1. Confort sonoro 2
7.1.2. Calidad del aire 2
7.1.3. Procesos de erosión 3
7.1.4. Calidad del suelo 3
7.1.5. Patrones de escurrimientos 4
7.1.6. Calidad del agua 4
7.1.7. Recarga de agua subterránea 5
7.1.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos 6
7.1.9. Pérdida de individuos y estatus de protección de fauna 6
7.1.10. Calidad paisajística 8
7.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto y sin medidas 8
7.2.1. Confort sonoro 8
7.2.2. Calidad del aire 9
7.2.3. Procesos de erosión 9
7.2.4. Calidad del suelo 10
7.2.5. Patrones de escurrimiento 10
7.2.6. Calidad del agua 11
7.2.7. Recarga de agua subterránea 11
7.2.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos 12
7.2.9. Pérdida de individuos y estatus de protección de la fauna 13
7.2.10. Calidad paisajística 13
7.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección 14
7.3.1. Confort sonoro 14
7.3.2. Calidad del aire 16
7.3.3. Procesos de erosión 19

7.3.4. Calidad del suelo 20
7.3.5. Patrones de escurrimiento 21
7.3.6. Calidad del agua 22
7.3.7. Infiltración de agua subterránea 23
7.3.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos 24
7.3.9. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos 25
7.3.10. Calidad Paisajística 27
7.4. Pronóstico ambiental 28
7.5. Evaluación de alternativas 32
7.5.1. Ubicación 32
7.5.2. Tecnología 33
7.5.3. De optimización, aprovechamiento adecuado y seguro y reducción de superficie 34
7.5.4. De compensación, restauración de las áreas y mitigación de impactos ambientales adversos 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VIII. 1. Resumen de los componentes ambientales del diagnóstico ambiental y su grado de afectación..... 30

7. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Los pronósticos del escenario representan una herramienta que permite visualizar de manera teórica los efectos que puede traer consigo realizar proyectos que implican cambios en los ecosistemas.

Con apoyo del escenario ambiental elaborado en el capítulo IV de este estudio y, con base en los impactos identificados, así como las medidas de mitigación propuestas, se describe y presenta a continuación un análisis bajo tres escenarios hipotéticos:

1) Pronósticos del escenario sin proyecto;
2) Pronósticos del escenario con proyecto, y
3) Pronósticos del escenario con medidas de mitigación.

El procedimiento a seguir para establecer dichos escenarios y expectativas a futuro al iniciar las etapas del proyecto, se detallan a lo largo del presente capítulo; destacando que se han tomado como base los componentes ambientales y los indicadores de impacto señalados en el capítulo VI de la presente Manifestación de Impacto ambiental, según los resultados indicados los elementos que tendrán un impacto significativo son: Agua y aire y vegetación.

En este apartado se formularán los escenarios de los componentes ambientales (abióticos, bióticos, paisaje y socioeconómico) del área de CUSTF sin considerar su establecimiento como variable de cambio y su análisis de comparabilidad al ejecutar el CUSTF y posteriormente con el establecimiento de las medidas de mitigación y compensación establecidas. En este apartado se formulará los escenarios de los componentes ambientales (abióticos, bióticos, paisaje y socioeconómico) del área de CUSTF sin considerar su establecimiento como variable de cambio y su análisis de comparabilidad al ejecutar el CUSTF y posteriormente con el establecimiento de las medidas de mitigación y compensación establecidas.

Es importante mencionar que dicho cálculo se realizó para la superficie sujeta a cambio de uso de suelo en terrenos forestales (168.02 has). A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la pérdida de suelo por el tipo de vegetación (de vegetación arbustiva secundaria de pastizal natural y vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino) presente en el Área de CUSTF.

7.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

7.1.1. Confort sonoro

El ruido que se presenta en el área del **proyecto** es producto del flujo vehicular de la comunidad San Antón de las Minas cercana al Cerro del Gallo que transita de la cabecera municipal de Dolores Hidalgo C.I.N., estado de Guanajuato, y del transporte de maquinaria, por tratarse de un área al aire libre es considerado bajo y fácilmente dispersable que se enmascara con el ruido de fondo presente en el área del **proyecto**.

7.1.2. Calidad del aire

La calidad del aire presente en el área del **proyecto** se considera buena, debido a que a los muestreos realizados para Partículas Suspendidas Totales (PST) a las comunidades de San Antón de las Minas (Escuela Benito Juárez, caminos de terracería, tierras de cultivo) y Santa Bárbara (poblado donde se desarrollan actividades de extracción de materiales pétreos (caminos de terracería, tierras de cultivo)) los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 en promedio de 24 h, para los puntos de muestreo Escuela B. Juárez y Silleros los resultados de concentración de partículas resultaron un poco más elevados, aunque también por debajo del límite máximo permisible, con 26.14 μ/m^3 para el Punto “Escuela Benito Juárez” y finalmente se obtuvo para el Punto Silleros una concentración promedio diaria de 104.55 μ/m^3, donde se rebasan los límites permisibles que estable la Norma, ya que para partículas menores a 10 micrómetros PM_{10}, el límite de 24 horas será de 75 $\mu g/m^3$, como promedio de 24 horas, resultando para dicha estación un valor de 104.6 μ/m^3.

Los principales gases de efecto invernadero que se emiten dentro del SAR, son el metano (CH_4) y el óxido nitroso; el primero derivado fundamentalmente de la fermentación entérica, la quema de biomasa y los desechos animales y el segundo está relacionado con el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes nitrogenados.

En cuanto al CO_2, aunque ninguna de las actividades que se realiza dentro del SAR se considera como fuente significativa, se estima que sus emisiones son relativamente altas al encontrarse los ecosistemas visiblemente impactados por deforestación, erosión y actividades agrícolas.

7.1.3. Procesos de erosión

A nivel SAR actualmente se estima una pérdida de suelo por erosión hídrica de 666,994.20 ton/año, que equivale a 78.64 ton/ ha año, considerada como una erosión muy severa, pero en el área de cambio uso de suelo en la superficie propuesta se tiene una pérdida de suelo de 5,524.57 ton/año que equivale a 32.88 ton/ha/año considerada como una erosión severa.

Con relación a la erosión eólica en el SAR se tiene una pérdida de 127,522.51 ton/año que equivale a 15.03 ton/ha año, considerada como erosión moderada, en el ACUSTF la erosión eólica 767.08 ton/año que equivale a 4.56 ton/ha año considerada erosión ligera.

7.1.4. Calidad del suelo

Tomando en cuenta que la clasificación del INEGI agrupa a los tipos de suelo por unidades y subunidades, así como de las asociaciones entre cada tipo de suelo, su textura y fase física o química, se tiene entonces que para el área de estudio existen 5 tipos de unidades de suelo que se identifican con una clave, la cual se compone por una unidad de suelo, subunidad, clase textural y la fase del suelo (Durisol 21.70%, Leptosol 38.02%, Phaeozem 14.13%, Regosol 7.58% y Vertisol 18.57%). En general los suelos cuentan con profundidades medias de 11 cm en los que se encuentra una dominancia

mayor al 90% de rocas en la superficie con respecto a arenas y arcilla, siendo particularmente, en el Área del Proyecto predomina el suelo Leptosol mólico, lo que hace que la situación de estabilidad sea coincidente con los niveles de erosión leve o latente, ya que la producción de suelo es baja.

7.1.5. Patrones de escurrimientos

El sitio del proyecto se localiza en la RH12 denominada Lerma-Santiago, en la parte centro occidental del país; dentro de esta gran región, se inserta en la cuenca Río Laja, emplazada en la porción sureste de la RH12; regionalmente se localiza en la subcuenca Río Lajas-Peñuelitas, que ocupa la zona norte de la cuenca mencionada; así el SAR se conforma por Río El Sisote y Arroyo El Durazno, ubicadas al sur de la subcuenca Río Laja-Peñuelitas. La cuenca del Río Lajas se encuentra ubicada en el noroeste del estado de Guanajuato entre las coordenadas geográficas Latitud 21° 33' Norte, Longitud 101° 31' Oeste en el extremo noreste y 20° 46'; 100° 11' en el extremo suroeste. Se obtuvo de la CNA, la información hidrológica del Río Lajas, con las aportaciones mensuales a la altura de la presa "Ignacio Allende" desde el año de 1940. Esta presa se terminó en agosto de 1968, con una capacidad total de 251 hm3, de los cuales se destinan para riego 115 hm^3, y la diferencia en capacidad es para el control de avenidas.

En el Río Lajas, según las observaciones de las estaciones Hidrométricas, no hay escurrimientos permanentes excepto en época de avenidas, quedando totalmente secos sus cauces durante el resto del año, abstracción hecha de la estación La Begoña, sobre el mismo Río Lajas, que con un flujo permanente de 1 m3/s hasta el año de 1968 en que construyó la presa Ignacio Allende, confirmaba ser el dren principal de las aguas subterráneas excedentes de la región.

7.1.6. Calidad del agua

El acuífero del Cuenca alta del Río Lajas está formado principalmente por secuencias sedimentarias aluviales del Terciario, que forman un acuífero granular. Regionalmente el acuífero se comporta como libre o semilibre. Con base en la interpretación fotogeológica

de los pares estereoscópicos de fotografías aéreas que cubren el SAR, se define la región como eminentemente volcánica constituida por sierras de riolitas, andesíticas y basaltos que descansan sobre un relieve antiguo de rocas sedimentarias del cretácico que afloran únicamente en la Sierra de Pozos y en la sierra que separa el valle de San Miguel Allende del de Dr. Mora - San José Iturbide. El relieve de rocas volcánicas formaba una cuenca cerrada. Posteriormente, la acción erosiva del Río Lajas talló una salida al sur de la cuenca, desarrollándose su sistema de drenaje a través de los materiales de diferentes permeabilidades que rellenaban la antigua cuenca cerrada. En las zonas, la erosión todavía no ha avanzado lo suficiente para conseguir una conexión de drenaje superficial con el Río Lajas.

Los diferentes parámetros de calidad de agua con respecto a la NOM-001- SEMARNAT-1996 y a la NOM-127-SSA1-1994; el agua superficial y subterránea de la zona de influencia del proyecto minero Cerro del gallo, no rebasa en la mayoría de los límites permisibles establecidos en las normas mencionadas.

7.1.7. Recarga de agua subterránea

El cálculo del balance hídrico para cada uno de los escenarios fue elaborado con base en la temperatura media normal anual de 25.3 °C y una precipitación media anual de 565 mm, contemplando un escenario actual, para el SAR en donde se cuenta con cobertura vegetal de tipo Agricultura temporal anual de 2,791.03 has, pastizal inducido de 1,229.01 has, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino de 2,029.63 has y vegetación secundaria arbustiva de bosque de pastizal natural de 1,610.26 has y para el área del proyecto para el cambio de uso de suelo de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino de 58.58 has y de vegetación arbustiva de pastizal natural de 109.44 has. Con base en los resultados obtenidos se tiene que a nivel del SAR hay una infiltración de 18,550,759.13 m^3, pero a nivel del área del CUSTF se tienen una infiltración de 403,841.98 m^3, que representa el 2.17% de la infiltración total del SAR.

7.1.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos

Dentro de los recorridos en campo dentro del área del proyecto y en el Sistema Ambiental Regional, no se observaron ejemplares bajo algún estatus de protección en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**. Dentro del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino es *Quercus potosina Trel.* con un valor de IVI de 66.93, seguido de *Quercus eduardii Trel.,* con un valor de IVI de 19.72; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor importancia es *Quercus potosina Trel.,* con un valor de IVI de 38.62, seguido de *Dodonaea viscosa Jacq,* con un valor de IVI de 31.62; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son *Melinis repens (Willd.) Zizka.,* de un valor de IVI de 22.82, seguido de *Aristida sp. L.* con un valor de IVI de 17.42.

Para el caso de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural del estrato arbóreo las especies con mayor Importancia ecológica es *Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg.* con un valor de IVI de 34.35, seguido de *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 29.80; dentro del estrato arbustivo la especie con mayor importancia es *Dodonaea viscosa Jacq.* con un valor de IVI de 27.23, seguido de *Mimosa aculeaticarpa Ortega* con un valor de IVI de 18.44; por último, para el estrato bajo las especies con mayor importancia son *Melinis repens (Willd.) Zizka.* de un valor de IVI de 17.35, seguido de *Dalea bicolor Humb. & Bonpl. ex Willd.* con un valor de IVI de 10.33.

7.1.9. Pérdida de individuos y estatus de protección de fauna

Del total de las especies registradas, solamente la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) se encuentran incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, perteneciente a los reptiles, clasificada bajo protección especial (Pr). La riqueza total fue de 35 Especies, distribuidas en 29 especies de Aves, 3 Reptiles y 3 Mamíferos. Comparando las riquezas obtenidas del SAR, con la zona descrita como CUSTF, el SAR presentó un mayor valor de riqueza, registrando 33 Especies, equivalente al 94.2% respecto al total registradas, a diferencia del área del proyecto que registro el 62.85%

respecto al total de especies, mismas distribuidas en 19 especies de aves, 2 reptiles y un mamífero, sumando un total de riqueza de 22 especies para el área del proyecto.

Para el CUSTF, se registraron 88 individuos, distribuídos en 4 Reptiles, 4 Mamíferos y 80 Aves. Siendo las especies: *Aspidoscelis gularis* (3) y *Sceloporus grammicus* (1) representando a los reptiles, la liebre cola negra (*Lepus californicus*; 4) fue la única observada perteneciente al grupo de los mamíferos, y por último representando al grupo de las aves, *Polioptila caerulea* (10) y *Zenaida asiatica* (8). Para el SAR, se registró un total de 124 individuos, mismos distribuidos en, 6 Reptiles, 7 Mamíferos y 111 Aves. Siendo la especie más avistada nuevamente el huico (Aspidoscelis gularis), con 3 ejemplares, observandose en menor medida *Sceloporus spinosus* (2) y *Sceloporus grammicus* (1). Por el lado de los mamíferos, la liebre (*Lepus californicus*) fue mayormente observada (5), seguida de *Canis latrans y Urocyon cinereoargenteus* con un registro respectivamente. En el caso de las aves la perlita (*Polioptila caerulea*) fue la especie más común, seguida del *Toxostoma curvirostre y Zenaida asiatica*.

De acuerdo a la comparativa de los índices de Diversidad Shannon-Wienner y el índice de Equitatividad de Pielou calculados tanto para el SAR, como para el CUSTF, se describen de manera general ecosistemas con una diversidad media (CUSTF) y alta (SAR), siendo H'=2.92 para el primero y H'=3.22 para el segundo, siendo el SAR la que posee mayor diversidad de manera general, y de igual manera por grupo faunístico.

En lo que respecta al índice de Equitatividad de Pielou, ambas presentan de manera general valores muy similares describiendo ambas partes como ecosistemas homogéneos en cuanto a sus abundancias, siendo más concretos una equitatividad de J'= 0.94 del CUSTF, contra J'= 0.92 del SAR, indicando así que existe una distribución ligeramente más homogénea dentro del proyecto en cuanto a la abundancia de sus especies, sin diferencia significativa entre ellas.

7.1.10. Calidad paisajística

Las unidades paisajísticas presentes en el área del proyecto es lomerío a pie de monte con vegetación de Bosque de Encino, Lomerío a pie de monte con pastizal inducido y Lomerío a pie de monte con vegetación secundaria arbustiva. Cuya área corresponde a una zona fragilidad paisajística media, cuyos elementos se encuentran condicionados a las evidencias de alteración y condiciones ambientales en gran parte del SAR, debido a la diversidad de las actividades antropogénicas que se desarrollan.

El paisaje tiene la capacidad para absorber los cambios que ahí se produzcan. Se determinó que el sitio donde se ubicará el proyecto tiene una moderada capacidad para absorber cambios por la introducción de elementos artificiales, principalmente en el Área del Proyecto, ya que la vegetación secundaria, así como las tierras de pastoreo, abarca la mayor parte del paisaje en la zona, su regeneración está directamente ligada a la disponibilidad de recursos como el agua la cual se encuentra limitada en la región.

7.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto y sin medidas.

7.2.1. Confort sonoro

El aumento de decibeles en el ambiente ocasionado por la construcción del proyecto producirá una alteración al confort sonoro, lo que representa un impacto ambiental. Este impacto se generará durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, en sus diferentes actividades, ya que será necesaria la utilización de equipo y maquinaria, la cual producirá niveles de ruido que se percibirán solo en el sitio donde se encuentren operando estos equipos, siendo puntual el impacto.

Cabe señalar que, en un día común, en espacios de vegetación se puede percibir un promedio de 15 a 20 dB, en zonas agrícolas de 30 a 35 dB, y en zonas suburbanas entre 35 y 45 dB, alcanzando de 80 y 120 dB por el uso de maquinaria. Por lo que tomando en cuenta estos datos, y que el área del proyecto se encuentra en una zona pecuaria, el ruido que pudiera ser generado por la maquinaria y el personal no implica un impacto

relevante. Aunado a esto, las actividades se desarrollarán en un espacio abierto donde será factible que el ruido pueda dispersarse.

Además, es importante mencionar que la generación de ruido solo se producirá en días y horarios laborales conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, por lo que el impacto ambiental será temporal y por periodos cortos de tiempo.

7.2.2. Calidad del aire

Aunque en pleno funcionamiento del recinto minero se generan emisiones de efecto invernadero a la atmósfera, se producen emisiones, por ejemplo, en el transporte de materiales, construcción, mantenimiento y desinstalación del recinto minero. Las emisiones a la atmósfera para estas etapas, aunque existe un incremento no son significativas, son puntuales y de fácil asimilación y dispersión de la cuenca atmosférica, por lo que la cuenca atmosférica seguirá siendo de buena calidad.

En cuanto la generación de PST o polvo, provenientes de las actividades de la mina, esto serán puntuales y mitigables con medidas específicas, cuyo monitoreo será el que determine su impacto en la calidad del aire.

7.2.3. Procesos de erosión

En términos generales, el suelo se verá afectado por la remoción de la vegetación del ACUSTF de manera puntual y temporal. Al ejecutar el cambio uso de suelo en la superficie propuesta para tal fin se aumentaría la erosión hídrica de 32.88 a 676.18 ton/ha/año, a la erosión actual equivalente a 5,524.57 ton/año al ejecutar el CUSTF se incrementa a 113,612.03 ton/año, se clasifica como una erosión hídrica catastrófica de acuerdo a la clasificación propuesta por FAO, 1980, ya que la cantidad de pérdida de suelo se transfiere a un valor mayor a 200 ton/ha/año.

El incremento de la pérdida de suelo a nivel de toda la superficie del ACUSTF sería de 108,087.46 ton/año, dicha cifra resultó por la diferencia entre la pérdida potencial de

suelo al ejecutar el CUSTF menos la pérdida actual de suelo, dando como resultado el volumen de suelo que se va incrementar por la ejecución del cambio uso de suelo con una erosión 20.0 veces superior a la actual.

En cuanto a la erosión eólica, sucede el mismo efecto que en la erosión hídrica, se incrementa a 7.6 veces de 767.09 ton/año ejecutando el CUSTF incrementa a 5,852.44 ton/año, incrementando en la clasificación del área de erosión aligera a muy severa al tener un valor entre 15 y de 50 ton/ha año.

7.2.4. Calidad del suelo

Las actividades que pueden generar efectos nocivos en el suelo por contaminación son la instalación de los campamentos provisionales, el abastecimiento de combustible y los desechos sólidos y líquidos.

Debido a la utilización de equipo con poca movilidad, en el proyecto se abastecerá de combustible a través de un camión cisterna. Un derrame de combustible o de sustancias peligrosas siempre es posible (cianuro o sosa), evento que provocaría la contaminación del suelo.

En la etapa de operación la contaminación provendrá de las actividades de mantenimiento de los patios de lixiviación y del manejo de los desechos sólidos y líquidos.

7.2.5. Patrones de escurrimiento

El impacto ambiental para los escurrimientos superficiales se considera permanente y puntual, considerando que los escurrimientos afectados retomaran su cauce original en los terrenos contiguos aguas abajo.

En la fase de construcción será alterado el drenaje natural e infiltración de las aguas superficiales en las áreas destinadas a la instalación de las actividades del recinto minero

Cerro del Gallo. Para llevar a cabo estas obras se removerá la vegetación, provocando que durante las lluvias el agua en vez de infiltrarse en el suelo, escurra superficialmente.

Por ello, bajo el contexto anterior, de acuerdo al índice de importancia, características del proyecto y los criterios considerados para la magnitud, el impacto de modificación de los escurrimientos superficiales pluviales y las áreas de inundación es valorado como significativo, no obstante, el impacto ambiental solo será temporal (temporada de lluvias), a pesar de eso no afectará el proceso hidrológico del SAR.

7.2.6. Calidad del agua

El transporte de los equipos, el manejo de desechos sólidos y líquidos, el tráfico vehicular y el manejo de aguas pluviales, afectarán la calidad del agua. También durante esta fase el manejo inadecuado del proceso de abastecimiento de combustible, podrían ocurrir derrames que afectarían la calidad del agua superficial y subterránea. Durante la fase de operación el manejo inadecuado de los residuos sólidos domésticos, puede provocar contaminación orgánica de las aguas superficiales.

Considerando que el Proyecto se localiza en la parte Centro de México, hay un riesgo bajo de ser afectado por algún evento hidro-meteorológico extraordinario (tormentas tropicales, huracanes, nortes) durante el proceso de construcción o de operación, sin embargo, el efecto no puede menospreciarse y controlar su afectación en caso de que pueda ocurrir.

En este sentido y en caso de existir algún evento de esta índole y de no contar con las medidas de seguridad respecto al resguardo de sustancias, se podría ocasionar un derrame que contaminaría dichas escorrentías superficiales.

7.2.7. Recarga de agua subterránea

Al ejecutar el CUSTF se observa una infiltración de 224,555.24 m^3, dando como resultado un déficit de 38,801.90 m^3, al quedar el suelo desnudo en las 168.02 has, representando

una disminución del 14.73%, pero al nivel del SAR se incrementa en un porcentaje de afectación del 0.25%. Por ello, bajo el contexto anterior, de acuerdo al índice de importancia, características del proyecto y los criterios considerados para la magnitud, el impacto de afectación al manto freático, es valorado como poco significativo, no obstante, el impacto ambiental se podría prevenir con las medidas propuestas para evitar la recuperación de la tasa de infiltración.

7.2.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos

La flora que está presente en el área del proyecto corresponde a 168.02 has dividido por 109.44 has de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural y 58.58 has de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino. La pérdida de individuos de flora se ocasionará en la etapa de preparación del sitio, por las actividades de remoción de flora en las superficies donde se emplazarán las obras permanentes y provisionales por la actividad de desmonte y despalme lo que se considera un impacto ambiental significativo si no se implementarán medidas de mitigación y compensación. Aún y cuando no existan especies listadas bajo algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, si existen especies de lento crecimiento de valor ecológico para el área del proyecto.

Ya que el proyecto contempla la remoción de flora, esta se adicionaría a las demás actividades por lo que se considera como un impacto acumulativo; que a su vez también es residual, debido a que la instalación de las diferentes obras y actividades del recinto minero Cerro del Gallo no permitirá el restablecimiento de flora en el periodo en que el proyecto esté en operación, hasta que cada una de las obras prevista vaya terminando su vida útil.

La remoción de individuos de flora no sólo implica la pérdida de individuos de flora, sino que conlleva otros impactos ambientales como son la erosión de suelo, la modificación del hábitat, la afectación de individuos de fauna y la modificación al paisaje. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la mayor superficie donde se emplazará el proyecto ha sido

modificada por los campos ganaderos de agostadero existentes y por las actividades de agricultura que s encuentran presentes por la inducción de pastizales, por lo que el desarrollo del proyecto no pone en riesgo la integridad y funcionalidad eco sistémica del SAR

.

7.2.9. Pérdida de individuos y estatus de protección de la fauna

Sin duda alguna, en la etapa de preparación del sitio como son las actividades de desmonte y despalme, dan la pauta para la migración de la fauna silvestre hacia los predios aledaños al proyecto, este proceso natural favorece para evitar daño a las especies de fauna.

Sin embargo, no todas especies pueden desplazarse con la rapidez para que puedan evitar un daño, ya sea atropellamiento, o en su caso, por la captura furtiva que pudiera darse a falta de una concientización ambiental de la importancia ecológica de las especies presentes en el área del proyecto, en este sentido la densidades de la fauna presente de acuerdo con la densidad obtenida por medio del cálculo; (D= n/2wL), obtenidos en el área de estudio, se puede concluir que las especies de mayor índice de densidad de manera general fueron; Perlita azulgris (*Polioptila caerulea*) con (1.53 Ind/Ha), Cenzontle (*Mimus polyglottos*) con (1.13 Ind/Ha), seguidos por *Columbina inca, Zenaida asiática y Toxostoma curvirostre* con (1.06 Ind/Ha), todas ella son aves, sin embargo existe una especie de lento desplazamiento en estatus de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, como lo es la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*).

7.2.10. Calidad paisajística

La modificación del paisaje en primera instancia por la introducción de agentes externos que no se encontraban originalmente, como lo son el tajo, tepetatera y patio de lixiviación, los cuales no serán fácilmente absorbidos por el entorno, además de que serán

eliminados los elementos originales que daban la calidad y fragilidad del paisaje en el sitio del Proyecto.

El área corresponde a una zona de fragilidad paisajística Media, cuyos elementos se encuentran condicionados a las evidencias de alteración e influencia antropogénica en gran parte del SAR.

La remoción de la vegetación incide en la alteración del paisaje a nivel área inmediata del sitio del proyecto, paisaje que no se verá afectado en cuanto a la pérdida de vegetación y formas orográficas.

7.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de prevención, mitigación, compensación y/o corrección

7.3.1. Confort sonoro

Durante la operación de maquinaria, vehículos de transporte y equipo en general se incrementarán los niveles de ruido, por lo que la promovente llevará a cabo lo siguiente:

- Durante la construcción del proyecto se realizarán un frecuente y adecuado mantenimiento de los vehículos, equipos y maquinaria utilizada por el proyecto, de tal forma que el buen funcionamiento de éstos no genere emisiones de ruido fuera de los límites permisibles por la NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.
- Las emisiones de ruido producidas por la maquinaria serán dispersadas por el viento logrando en áreas de espacios abiertos una disminución de 10 a 30 dB en un espacio no mayor a 30 m a la redonda, por lo que no se contempla usar maquinaria que requiera la instalación de filtros de ruido, ya que el ruido difícilmente rebasará lo establecido en la norma fuera de la periferia del predio, cumpliendo de esta manera con lo establecido en la NOM-080-SEMARNAT-1994,

referente a los límites máximos permisibles de ruido provenientes del escape de vehículos automotores.

- Durante la construcción del proyecto los trabajadores de maquinaria pesada deberán emplear tapones auditivos para evitar perjudicar su sistema auditivo.
- Durante la construcción del proyecto se deberá apagar el equipo o maquinaria que no esté en funcionamiento con el fin de evitar contaminación sonora y atmosférica.
- Los trabajadores y operarios de mayor exposición directa al ruido y a las partículas generadas principalmente por la acción mecánica de las trituradoras, deben ser dotados con los correspondientes elementos, tapones auditivos, barbijos, ropa de trabajo, casco, guantes, botas.
- En los casos donde se viable se instalarán campanas de aislamiento acústico sobre los sitios de generación de ruido, las cuales no solo minimizan este efecto, sino que también pueden detener la emisión de partículas finas.
- Elección de maquinaria con bajos niveles sonoros.
- Diseñar la planta con bajos niveles sonoros.
- Aislamiento correcto casetas de trituración
- Aire acondicionado en maquinaria móvil.
- Construcción de barreras acústicas (vegetales y artificiales)
- Utilización de materiales resilientes en cajas camiones y en caídas, rodillos y tambores de cinta, mallas de criba.
- Uso de cimentaciones especiales
- Mantenimiento preventivo riguroso.
- Aplicación de un plan integral para mitigar los impactos ambiéntales por voladuras

Adicional a las medidas antes mencionadas se realizará un monitoreo perimetral de los niveles sonoros, a afecto de asegurar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de

medición. Por lo que se prevé que el impacto del proyecto en sus distintas etapas será poco significativo.

7.3.2. Calidad del aire

En el desarrollo del proyecto en sus distintas etapas se aplicarán una seré de medidas y técnicas para minimizar las emisiones de gases y partículas, mismas que se desglosan en el **Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera y Ruido**, a niveles inferiores a los establecidos en las normas oficiales mexicanas, entre estas se encuentran:

- Las fuentes móviles de combustión usadas durante las diversas etapas del proyecto deberán cumplir con la norma oficial mexicana que corresponda en cuanto a la emisión de gases partículas u opacidad derivado de la combustión:
  - ✓ NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
  - ✓ NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.
  - ✓ NOM-044-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

- ✓ NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

- Todos los equipos móviles deberán sujetarse al programa de mantenimiento preventivo y correctivo correspondiente.

- El vehículo que no garantice que sus emisiones, cumplir con los límites máximos permisibles de emisiones establecidos en las normas oficiales mexicanas, deberá ser separado de sus las operaciones, revisado, reparado y ajustado antes de entrar nuevamente al servicio que presta.

- Se realizará una revisión y mantenimiento periódico de los silenciadores de los motores de vehículos y maquinaria.

- Implementar un programa de riego de los caminos interiores con transito frecuente a demanda de este, o al menos en periodos secos tres veces al día y en periodos de lluvia una vez al día.

- En caso de que el programa de riego no garantice el cumplimiento de los niveles de contaminantes particuladas en aire ambiente, los caminos interiores con transito frecuente se deberá de realizar un tratamiento de las superficies de rodamiento expuestas con agua o supresores químicos de polvo especialmente durante los períodos secos y/o de vientos.

- En ningún caso el humedecimiento de la superficie de rodamiento se deberá realizar con residuos o materiales peligrosos que afecten la calidad del suelo, el ambiente, los ecosistemas o la salud de los seres vivos.

- Cuando se presenten vientos cuya intensidad y dirección ocasionen tolvaneras y en general produzcan la remoción y dispersión de polvos, se tomará como prioridad la suspensión de los trabajos de preparación del terreno, y sólo se reanudarán, hasta que este tipo de condición meteorológica se haya normalizado.

- El avance de los vehículos automotores (maquinaria y camionetas de carga) será de velocidad baja a moderada, para minimizar el desprendimiento de partículas.

- En las vías internas del proyecto se deberá señalizar la red vial, establecer límites de velocidad, código de cortesía y medidas de control de tráfico.

- Dar mantenimiento constante de los caminos interiores.

- Para mitigar la contaminación por actividades de trituración se observará lo siguiente:
    - Se implementará el uso de bandas trasportadoras, con su respectiva protección;
    - Se establecerá un control de calidad en el tamaño de mineral, para evitar sobretituración y con ello la generación de partículas suspendidas, así como problemas de operación en los patios de lixiviación.
    - Se instalarán equipos de control de partículas mediante el uso de agua.

- Para mitigar la contaminación por actividades de proceso, debe implementarse un control de la solución cianurada, manteniendo un pH alto con lo cual disminuye el riesgo de volatización del cianuro.

- Dar prioridad al plan de revegetación en la etapa de clausura en las áreas alteradas.

- Proveer de los equipos de seguridad al personal y a visitas.

- Plan integral para mitigar los impactos ambiéntales por voladuras

- Para mitigar el incremento de los gases de combustión producidos por el parque vehicular utilizado en las etapas de preparación del sitio y construcción, se considera como parte obligatoria supervisar y documentar la realización de los mantenimientos preventivos y correctivos de los vehículos utilizados con la finalidad de que dichas emisiones contaminantes se reduzcan al mínimo posible hecho que deberá de ser reforzado mediante la verificación vehicular de la flota utilizada por los contratistas, lo que coadyuva a la fácil dispersión y asimilación de contaminantes en la cuenca atmosférica que seguirá siendo de buena calidad.

- En cuanto a la emisión de polvos (PST) existen medidas de mitigación que abatirán su generación, de la misma manera se contará con una estación de monitoreo de PST de 10 micras que con base en las mediciones promedios diarias comparadas con el límite máximo permisible establecidos por NOM-025-SSA1-2014, se puede establecer medidas adicionales para no afectar la comunidad de San Antón de las Minas.

Con las medidas y acciones establecidas en el **Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera y Ruido** se reducirán al mínimo las emisiones de gases y partículas posible, aunado a las condiciones topográficas y climáticas del sitio lo que coadyuvaran a la fácil dispersión y asimilación de contaminantes en la cuenca atmosférica que seguirá siendo de buena calidad.

7.3.3. Procesos de erosión

Como primera medida de mitigación y compensación es el Programa de Reforestación, mediante el cual, se propone la reforestación de 168.1693 has de especies nativas en áreas aledañas utilizadas del proyecto y mantener un área de recursos naturales.

Asimismo de complementaria se ejecutará un Programa de Conservación y Retención de Suelos mediante obras específicas como son presas filtrantes de piedra acomodada, presas de gaviones, presas de goecostales y fosas de sedimentación (tinas ciegas), las cuales garantizan que en la superficie donde se realizará el cambio uso de suelo la superficie da como resultado que se tendría una pérdida de suelo igual a la actual; manteniendo su condición de erosión hídrica baja, ya que la implementación de las medidas de mitigación y compensación se está regresando a su condición original.

Con relación a la erosión eólica, sucede el mismo efecto se conserva y se regresa a la condición inicial de la erosión existente en el área del proyecto.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente el factor suelo no se verá disminuido a nivel cuenca, ya que con la obra de conservación de suelo propuesta se recuperará en un 100% el comprometido por el CUSTF, por lo que no se generaran impactos a nivel cuenca

7.3.4. Calidad del suelo

Quedará estrictamente prohibido almacenar residuos o materiales como aceites o hidrocarburos en zonas adyacentes donde pudiera presentarse el riesgo de derrames y/o arrastre de material, por viento o por escurrimientos, a barrancas o cañadas.

Se requerirá a los contratistas a implementar los Procedimientos de Control de Derrames, así como a atender al Programa de Capacitación Ambiental, con la finalidad de asegurar que el personal conoce los procedimientos para evitar y atender un derrame.

Se establecerá un manejo de residuos (sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos) que serán manejados por empresas especiales y autorizadas con la finalidad de no exista ningún efecto de contaminación que modifique la calidad del suelo por el manejo y disposición adecuada de las aguas residuales, siendo el caso de las generadas en

letrinas portátiles que serán establecidas de manera temporal durante las labores de preparación del sitio y construcción.

Se establecerá acciones de Mantenimiento Preventivo/Correctivo para la maquinaria y/o equipos que serán utilizados durante las fases de preparación del sitio, construcción y operación, con la finalidad de evitar fugas de combustibles y/o lubricantes que puedan contaminar el agua originada por la precipitación pluvial.

El proceso donde se utilizan soluciones cianuradas estarán en circuito cerrado, el cual, está diseñado para que no se escape al ambiente esta solución.

7.3.5. Patrones de escurrimiento

Durante las actividades de operación del proyecto, se deben realizar actividades de reforestación necesarias para ayudar a la infiltración del agua y en la medida de lo posible, la acumulación de agua y erosión del terreno, asimismo se tiene desarrollado como medida complementaria áreas de infiltración de agua pluvial de acuerdo al estudio hidrológico realizado. Por último, en las obras principales como lo es el patio de lixiviación se relizarán obras de drenaje para encausar su infiltración aguas abajo y mantener el balance hidrológico del SAR.

El material generado por los trabajos de desmonte, despalme y excavaciones se debe almacenar de manera temporal en los sitios designados para ello, evitando con ello bordos que modifiquen los patrones de escurrimiento del terreno. Este material se utilizará para rellenos y nivelaciones, y en caso de tener material sobrante, éste se podrá disponer en bancos de tiro o sitios de disposición final debidamente autorizados.

Quedará estrictamente prohibido almacenar material en zonas donde pudiera presentarse el riesgo de arrastre de materia, por viento o por escurrimientos, a las cañadas ubicadas en las orillas de las áreas de inclinación con pendientes mayores al 15%.

Por otra parte, garantizar la continuidad funcional del drenaje pluvial de los escurrimientos se establecen obras de canales de derivación para el encausamiento de los escurrimientos hacia áreas de infiltración con cubierta vegetal, mediante obras hidráulicas derivadoras.

Con dichas medidas se garantiza que los patrones de drenaje sigan con su funcionalidad principal de conducir el agua pluvial aguas abajo para su mejor canalización en la infiltración del ACUSTF y del SAR.

7.3.6. Calidad del agua

Quedará estrictamente prohibido almacenar residuos o materiales como aceites o hidrocarburos en zonas adyacentes donde pudiera presentarse el riesgo de derrames y/o arrastre de material, por viento o por escurrimientos, a barrancas o cañadas.

Se requerirá a los contratistas a implementar los Procedimientos de Control de Derrames, así como a atender al Programa de Capacitación Ambiental, con la finalidad de asegurar que el personal conoce los procedimientos para evitar y atender un derrame.

Se establecerá un manejo de residuos (sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos) que serán manejados por empresas especiales y autorizadas con la finalidad de no exista ningún efecto de contaminación que modifique la calidad del suelo por el manejo y disposición adecuada de las aguas residuales, siendo el caso de las generadas en letrinas portátiles que serán establecidas de manera temporal durante las labores de preparación del sitio y construcción.

Se establecerá acciones de Mantenimiento Preventivo/Correctivo para la maquinaria y/o equipos que serán utilizados durante las fases de preparación del sitio, construcción y operación, con la finalidad de evitar fugas de combustibles y/o lubricantes que puedan contaminar el agua originada por la precipitación pluvial.

Por último, se cuenta con un Programa de Infiltración, Monitoreo y Vigilancia del Agua Superficial y Subterránea mediante la perforación de pozos para determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, aguas arriba y aguas abajo, con base en los parámetros físicos y químicos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y aquellos metales y compuestos químicos no señalados en dichas Tablas, representativos del proceso. Las técnicas de muestreo de cuerpos de agua podrán ser la NMX-AA-014-1980 o la NMX en la materia vigente, o las normas ISO 5667-6:2005 e ISO 5667-3:2003. Se tomarán al menos dos muestras de agua, una en la época de estiaje y otra en la de lluvias; así como, efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa en cuanto a cianuros, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc, así como con respecto a los parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de las obras del sistema de lixiviación. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo semestral en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a las obras del sistema de lixiviación. Para ello, se tomarán al menos dos muestras de agua subterránea, una en aguas arriba y las otras aguas abajo del sitio seleccionado, tal como lo establecen las normas oficiales mexicanas NOM-155-SEMARNAT-2007 y la NOM-157-SEMARNAT-2009.

7.3.7. Infiltración de agua subterránea

Para recuperar el déficit ocasionado por el CUSTF, se realizarán actividades de reforestación necesarias para ayudar a la infiltración del agua y en la medida de lo posible, la acumulación de agua y erosión del terreno, asimismo se tiene desarrollado como medida complementaria áreas de infiltración de agua pluvial de acuerdo al estudio hidrológico realizado. Por último, en las obras principales como lo es el patio de lixiviación se realizarán obras de drenaje para encausar su infiltración aguas abajo y mantener el balance hidrológico del SAR.

Con base en esas medidas propuestas con técnica y ambientalmente viables se recupera el déficit ocasionado por las actividades del proyecto Cerro del Gallo se mantiene la infiltración actual en el área del proyecto de 263,357.13 m^3 y del SAR de 13,239,176.41 m^3.

Se considera que no se compromete la prestación del servicio ambiental de la provisión de agua en cantidad y calidad del sistema ambiental regional ni a nivel de la superficie de CUSTF, siendo un impacto adverso temporal y reversible con las medidas de mitigación y compensación propuestas.

7.3.8. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos

Al hacer la comparación en riqueza y diversidad obtenidas dentro del área del proyecto contra la que presenta nuestro Sistema Ambiental Regional, podemos concluir que a pesar de que la riqueza es ligeramente mayor, dentro de las áreas de cambio uso de suelo la composición florística de las especies más representativas se mantiene sin presentar diferencias significativas; por otra parte los valores que se presentan con respecto a la diversidad podrían considerarse de valor bajo en donde los valores de dominancia nos indica que la estructura en cuanto a las especies se encuentran dominadas por solo algunas especies que conforman los estratos arbóreo y arbustivo, tal es el caso de *Dodonaea viscosa, Mimosa aculeaticarpa y Melinis repens* lo cual es congruente con los tipos de vegetación descrita y presente tanto en el área del proyecto como en el Sistema Ambiental Regional, al analizar el estrato menor podemos concluir que existe una presente regeneración de los estratos, sobre todo en las áreas que presentan estructuras secundarias, a pesar de ello existen una amplia presencia de especies indicadoras de zonas perturbadas como lo es *Melinis repens y Dodonaea viscosa*.

Asimismo, se realizará un programa de manejo de flora silvestre para el rescate de especies de lento crecimiento que serán reubicadas en el área de protección de recursos naturales destinada dentro del recinto minero Cerro del Gallo, así como un programa de

reforestación que ayudará de manera importante a recuperar la cobertura vegetal y de especies de valor ecológico para el área del proyecto y del SAR.

De esta manera podemos concluir que el proyecto, no representara un impacto negativo en la zona, ya que el tipo las áreas a afectar resultan en su mayoría áreas previamente afectadas y algunas de ellas son utilizadas actualmente como agostaderos, además representan el 1.96% y 6.39% de la vegetación forestal presente en nuestra cuenca bajo estudio, que, si bien estos ecosistemas presentan algún grado de perturbación por la acción humana, también presentan indicios de regeneración en sus coberturas.

7.3.9. Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos

En total se registraron 35 especies, en 212 individuos. Los resultados obtenidos señalan que el grupo de las Aves es el mejor representado tanto para el área del CUSTF y como el SAR, es decir, este grupo se presentó dominante tal y como lo indica la riqueza específica y el índice de Shannon; es importante mencionar que los valores de diversidad estimados son más altos en el SAR respecto al CUSTF mostrando condiciones semejantes o mejores para la cuenca.

En lo que respecta a las especies enlistadas a la NOM-059-SEMARNAT-2010, con alguna categoría de riesgo, solamente se encontró una especie, sin embargo, no se descarta la presencia de alguna otra especie enlistada, de tal manera que para el presente proyecto, es recomendable la implementación de un programa de rescate y reubicación de fauna, para conservar en la medida especies en riesgo, así como la biodiversidad en general de la zona que serán reubicadas dentro del área de protección de recursos naturales dentro del recinto minero Cerro del Gallo, por otra parte el programa de reforestación ayudará al restablecimiento de los hábitats de estas especies.

El bajo registro observado durante el monitoreo de campo posiblemente es debido a la modificación del ambiente natural presente en el área de estudio, por lo que especies nativas pudieron verse desplazadas a ambientes mejor conservados, lo cual, es

congruente con lo obtenido en campo, encontrándose principalmente especies capaces de soportar dichos cambios, siendo mayormente abundantes especies como: *Polioptila caerulea, Mimus polyglottos, y columbidos como Zenaida asiática y* Columbina inca.

Se propone rescatar y reubicar individuos de especies cactáceas, que se verán comprometidas en su estructura por el CUSTF. Así mismo se consideró realizar el rescate de individuos que no se verán comprometidas, pero si son representativas del ecosistema por afectar.

Aunado a lo anterior también se considerará lo siguiente:

- Los individuos rescatados y reubicados que no se adapten al nuevo hábitat se compensaran por especies nativas de la zona, reproducidas o adquiridas en vivero.
- El método de distribución de los individuos en el sitio a reubicarse se plantea en el Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Se cuidará que el rescate de plantas sea exclusivamente en el área de CUSTF (168.02 ha), previo a estas actividades se delimitaran con cal los tramos a intervenir, y se vigilara para evitar afectar a la flora existente ubicada fuera del área del proyecto.
- Se llevarán bitácoras de trabajo de todas las actividades realizadas en materia de rescate y reubicación de planta, así como trabajos en áreas de almacenamiento temporal o de recuperación de plantas para su posterior trasplante.
- Se concientizará y capacitará al personal contratista y a todo el personal operativo, acerca de la importancia del cuidado y conservación de la flora del lugar, evitando su daño innecesario, extracción fuera de las áreas autorizadas y con fines de consumo, entre otros aspectos.
- En cuanto al seguimiento y monitoreo del programa propuesto, se sugiere se realicen informes al final de las actividades de rescate, al final de las actividades de trasplante, y posteriormente informes semestrales de sobrevivencia hasta el final del programa.

Se realizará en la etapa de preparación del sitio, previo al inicio de los trabajos constructivos del proyecto (rescate) y continuará durante la etapa de construcción (Reubicación y mantenimiento), considerando a aquellos ejemplares que estuvieran en la zona de almacenamiento temporal, para su recuperación o reacondicionamiento.

Los trabajos de CUSTF se realizarán única y exclusivamente en el área autorizada para la realización del proyecto. Acciones a implementar y/o verificar:

- No impactar áreas fuera de la zona autorizada, se asignará un responsable técnico capacitado para verificar que se estén llevando de manera adecuada todas y cada una de las medidas preventivas y de mitigación.
- Se demarcará de forma previa a los trabajos el Predio (CUSTF) a intervenir.
- El material de suelo orgánico y/o vegetal removido y recuperado del despalme se almacenará en sitios temporales y seguros, con el objeto de ser utilizado posteriormente en los trabajos de restauración en el sitio propuesto.
- No se utilizará fuego y/o químicos para realizar el CUSTF, se asignará un responsable técnico capacitado para verificar que los trabajos de remoción de la vegetación se realicen de manera manual o mecánica y dentro de la superficie autorizada.
- El material vegetal residual y que no sea aprovechado será triturado y/o picado y se incorporara al suelo rescatado o removido, con objeto de promover su incorporación como materia orgánica que posteriormente utilizarlo en la reubicación de los individuos rescatados.

7.3.10. Calidad Paisajística

El programa de vigilancia ambiental y los programas específicos que lo integran son indicadores que ayudarán a absorber el impacto adverso a la calidad paisajística del entorno por la instalación de los patios de lixiviación.

Por otro lado, se considera que, con la ejecución de los programas, medidas y acciones de prevención, mitigación y compensación, los impactos ambientales que trae consigo el proyecto y previamente descritos en el Capítulo V, serán minimizados y a su vez, se pretende contribuir a mejorar la calidad ambiental de la zona, repercutiendo con ello en el mantenimiento y mejoramiento de los servicios ambientales y por tanto a la continuidad de los procesos ecosistémicos que se desarrollan en la misma.

Es factible considerar que, las acciones de cierre y restauración indicadas se realizaran de manera efectiva, la calidad visual del paisaje en la zona del proyecto que actualmente se considera como media volverá en gran parte de las áreas afectadas a condiciones con una valoración similar.

Atendiendo al esquema de restauración propuesto por la empresa, el área tendrá un perfil topográfico distinto al actual, se habrán rehabilitado y revegetado de forma tal que permitan el establecimiento de procesos de sucesión ecológica auto sostenidos.

7.4. Pronóstico ambiental

A continuación, se establece el diagnóstico ambiental analizando y comparando los tres escenarios anteriores por componente ambiental:

En materia de ruido, el proyecto solo ocasionará un impacto adverso puntual que con base en el uso de la tecnología se minimiza garantizando que no rebasará la norma NOM-081-SEMARNAT-1994 específica para áreas abiertas, lo que garantiza una compatibilidad del proyecto con los niveles de ruido de fondo existentes.

Para el caso de las emisiones de gases contaminantes provenientes de los equipos y vehículos en operación, el impacto es temporal y puntual, debido a que solo se presentará durante la etapa de preparación del sitio y construcción, que con base en las medidas de mitigación establecidas se reduce y minimiza y ocasiona un efecto acumulativo. En el caso de los procesos erosivos existe un impacto adverso significativo debido al CUSTF que puede incrementar la perdida de suelo, sin embargo, con las

medidas de mitigación se recupera el déficit del suelo erosionado a su condición inicial. En cuanto a la calidad del suelo y del agua con base en las medidas de prevención, mitigación y compensación se garantiza que el impacto adverso puntual y reversible se minimiza o elimina mediante el manejo ambientalmente adecuado de los residuos líquidos y sólidos generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción.

En cuanto a los patrones de escurrimientos y la infiltración del agua pluvial, la afectación es alta, debido a las condiciones naturales del predio (como el tipo de suelo y las pendientes existentes), sin embargo, con las medidas de mitigación de reforestación de las áreas aledañas se elimina el impacto puntual, temporal y reversible, garantizando que los perfiles de escurrimiento y filtración del agua pluvial se mantienen en la funcionalidad actual del predio y del SAR.

En cuanto a la biodiversidad presente de flora y fauna, en materia de estatus de protección de fauna existen una especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, para el caso de la flora no se encontró ninguna especie listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 , que con base en el programa de rescate y reubicación de fauna y flora se garantiza y minimiza el impacto de la perdida de individuos y con base en los procesos de restauración se mantiene y equilibra la superficie de cobertura vegetal presente, dando como resultado una continuidad de funcionamiento de hábitat integral.

Entre los efectos ecológicos más significativos de las centrales eólicas pueden citarse la pérdida de vegetación y muerte de aves y murciélagos. Sin embargo, la dimensión y localización de este Proyecto analizado hace prever que las condiciones físicas y naturales del entorno tendrán algunos impactos, es por eso que se han propuesto medidas de mitigación para estos impactos sean menores.

Por último, el paisaje, es uno de los componentes más complicados para asimilar las medidas de mitigación y prevención por la introducción de agentes externos que no se encontraban originalmente, como lo son los aerogeneradores, la línea de transmisión, la

subestación y los edificios y caminos, los cuales no serán fácilmente absorbidos por el entorno, sin embargo si puede armonizarse su operación y estética para mejorar su efecto visual para que este sea mejor mimetizado en el entorno y menos perceptible al entorno.

Tabla VIII. 1. Resumen de los componentes ambientales del diagnóstico ambiental y su grado de afectación

Componente ambiental	Sin proyecto (condición actual)	Con proyecto sin medidas	Con proyecto con medidas
Confort sonoro	Condición baja	Incrementa, pero de manera no significativa	Disminuye el impacto, quedando su impacto de manera residual y no significativa, hasta ser casi despreciable su incremento
Calidad del aire	Condición baja	Incrementa, pero de manera no significativa	Disminuye el impacto, quedando su impacto de manera residual y no significativa, hasta ser casi despreciable su incremento
Procesos de erosión hídrica	32.88 ton/ha año	Incrementa a 676.18 ton/ha año	Disminuye a 32.88 ton/ha año
Procesos de erosión eólica	4.56 ton/ha año	Incrementa a 85.08 ton/ha año	Disminuye a 4.56 ton/ha año
Calidad del suelo	Condición buena	Posible contaminación por un manejo inadecuado de residuos generados	Se elimina la probabilidad de la contaminación del suelo
Patrones de escurrimiento	Condición buena	Posible alteración del drenaje pluvial de las escorrentías y la pérdida de cobertura vegetal	Se elimina la probabilidad de la alteración del drenaje pluvial de las escorrentías y la pérdida de cobertura vegetal con las obras y la reforestación propuesta.
Calidad del agua	Condición buena	Posible contaminación por un manejo inadecuado de residuos generados	Se elimina la probabilidad de la contaminación del suelo
Recarga de agua subterránea	403,841.976 m^3	Disminuye a 237,222.515 m^3	Incrementa 263,357.13 m^3
Disminución de cobertura vegetal y pérdida de individuos	Cobertura vegetal de 168.02 has de vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y de pastizal natural	Se elimina la cobertura vegetal de 168.02 has	Se recupera la cobertura vegetal de 168.1693 has, mediante los procesos de reforestación.
Pérdida de individuos y estatus de protección de la fauna	En total se registraron 35 especies, en 212 individuos. Los resultados obtenidos señalan que el grupo de las Aves es el mejor representado tanto para el área del CUSTF y como el SAR, es decir, este grupo se presentó dominante tal y como lo indica la riqueza específica y el índice de Shannon; es importante mencionar que los valores de diversidad estimados son más altos en el SAR respecto al CUSTF mostrando condiciones semejantes o mejores para la cuenca. En lo que respecta a las especies enlistadas a la NOM-059-SEMARNAT-2010, con alguna categoría de riesgo, solamente se encontró una especie, sin embargo, no se descarta la presencia de alguna otra especie enlistada, de tal manera que, para el presente proyecto, es recomendable la implementación de un programa de rescate y reubicación de fauna,	Posible afectación y daño a las especies de protección.	Se elimina la probabilidad de afectación y daño a las especies de protección mediante el programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna.

Componente ambiental	Sin proyecto (condición actual)	Con proyecto sin medidas	Con proyecto con medidas
	para conservar en la medida especies en riesgo, así como la biodiversidad en general de la zona. El bajo registro observado durante el monitoreo de campo posiblemente es debido a la modificación del ambiente natural presente en el área de estudio, por lo que especies nativas pudieron verse desplazadas a ambientes mejor conservados, lo cual, es congruente con lo obtenido en campo, encontrándose principalmente especies capaces de soportar dichos cambios, siendo mayormente abundantes especies como: Polioptila caerulea, Mimus polyglottos, y columbidos como Zenaida asiática y Columbina inca.		
Calidad paisajística	Existe un impacto debido al desarrollo de las actividades mineras del pasado	Se incrementa de manera significativa por el desarrollo de las actividades mineras de Cerro del Gallo	No existe una medida de compensación o mitigación que reduzcan el impacto en la calidad paisajística, solo se trata de absorber el impacto mediante las medidas de mitigación y compensación propuestas

7.5. Evaluación de alternativas

A continuación, se mencionan las alternativas considerando que el proyecto se desarrolla en un complejo de la época colonial donde la ubicación de la veta es la que dicta las obras y actividades a realizar para la extracción del mineral. También se considera que a partir de sus inicios y lo que es el Recinto Minero, que forma parte de la empresa actual, se ha buscado mejorar las condiciones del ecosistema, estableciendo mejores prácticas ambientales, así como cambios en procesos, mejoras tecnológicas y cambios necesarios en las diferentes actividades que optimizan su proceso y fomentan un compromiso ambiental continuo.

7.5.1. Ubicación

Los yacimientos mineros se encuentran donde la génesis geológica los ha producido. Su composición, a veces irrepetible, no permite establecer alternativas de localización, aunque sí alternativas de proyectos de explotación y beneficio. En función de lo anterior se han realizado una serie de estudios económicos con base en los resultados de las diferentes campañas de exploración minera, pruebas metalúrgicas al mineral y otras evaluaciones técnicas y económicas, se evaluó la factibilidad de un potencial desarrollo minero, que a la fecha ha resultado muy favorable.

Los estudios de prefactibilidad económica y ambientales de línea base que diferentes grupos de especialistas, han realizado los estudios ambientales base y evaluaciones geofísicas, geoquímicas e hidrológicas en el área de influencia del proyecto, incluyendo muestreos de la calidad del agua, suelo, sedimentos, aire, flora y fauna. Todos estos estudios se utilizaron en la preparación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) modalidad B-Regional.

También, se han realizado una serie de evaluaciones geotécnicas en el área del proyecto y pruebas sobre la toxicidad del material estéril y caracterización del mineral agotado y lavado en columnas de pruebas metalúrgicas, que soportarán los criterios de diseño de las obras mineras, de acuerdo a lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-

155-SEMARNAT-2007 que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, y la NOM-157-SEMARNAT-2009 que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Con lo anterior, se busca mejorar las condiciones del ecosistema, con las mejores prácticas ambientales, procesos, tecnologías y actividades que optimicen dichos procesos y operaciones.

De acuerdo con la localización del proyecto, se considera como elemento principal la ubicación de la veta y las características geológicas del lugar que hacen posible que se desarrolle una mina. La veta y su vida útil es la que dicta las obras y actividades a realizar para la extracción del mineral.

El área del proyecto se encuentra localizada en el Distrito Minero más importante del estado de Guanajuato en el municipio de Dolores, es una de la principal zona minera del estado de Guanajuato, caracterizada principalmente por su producción de oro y plata y notable por la presencia de estructuras que han sustentado las actividades del distrito por más de 200 años.

Otro elemento que considerar para la ubicación del proyecto es que ya se presentaba infraestructura para realizar las diferentes actividades que contempla la minería y ha operado durante varias décadas mucho antes de la LGEEPA, en la región minera del estado de Guanajuato.

7.5.2. Tecnología

Se considera que el proyecto opera con las mejores técnicas y avances tecnológicos en sus diferentes actividades, lo que representa una operación optima que refleja beneficios tanto ambientales como económicos.

En cuanto al beneficio del mineral se presentan diferentes alternativas en el proceso histórico del Recinto minero, dentro de las cuales existieron los métodos de lixiviación a montones con cianuración.

La alternativa adoptada es la misma patios de lixiviación, considerando que es un proceso optimo, donde se maneja adecuadamente el uso de cianuro, que puede causar afectaciones al suelo y agua principalmente en los sitios donde se ubican los patios de lixiviación.

7.5.3. De optimización, aprovechamiento adecuado y seguro y reducción de superficie

No se considera alternativa para reducir superficie de tajo, caminos, tepetateras y patios de lixiviación, así como las obras existentes ya que presentan las dimensiones adecuadas para solventar la operación y capacidad de proceso Recinto Minero.

Respecto a las otras superficies del proyecto, se busca incrementar la cobertura de vegetación mediante los programas de reforestación anuales que se realiza en todo el fondo minero.

7.5.4. De compensación, restauración de las áreas y mitigación de impactos ambientales adversos

Se establecieron las medidas de mitigación y compensación más efectivas, considerando reforzar las actuales, y proponer nuevas medidas que garanticen la disminución de impactos ambientales y la conservación del ecosistema donde se desarrollan.

CAPÍTULO VIII

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

CONTENIDO

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 1
8.1. Presentación de la información 1
8.2. Anexos presentados 1
8.2.1. Documentos legales 2
8.2.2. Anexo 01: 2
8.2.3. Anexo 02: 2
8.2.4. Anexo 03 cédula profesional y título profesional del responsable técnico del estudio. 2
8.2.5. Anexo 04 documentos que denuestran la situación legal del terreno sujeto a Cambio de Uso de Suelo Forestal: 2
8.2.6. Anexo 05 copias de los títulos de Concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas por parte de la CONAGUA: 5
8.2.7. Anexo 06 copias de las concesiones mineras otorgadas por parte de la Secretaría de Economia. 5
8.2.8. Anexo 07 estudio de riesgo ambiental del Proyecto "CERRO DEL GALLO"..... 5
8.2.9. Anexo 08 se presentan estudios realizados. 5
8.2.10. Anexo 09 se incluyen los planos, mapas, figuras y cartografía. 6
8.2.11. Anexo 10 integran las hojas de seguridad de los materiales peligrosos a utilizar. 6
8.2.12. anexo 11 contiene las bases de datos 7
8.2.13. Anexo 12 se agrega la memoria fotográfica 7

8. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1. Presentación de la información

Se presentan cuatro ejemplares de la Manifestación de Impacto ambiental Regional Modalidad B (uno impreso y tres en medio magnético) del proyecto **“CERRO DEL GALLO”**; de los cuales uno será utilizado para consulta pública. Asimismo, todo el estudio se presenta en formato Word y en idioma español

La realización del presente estudio se realizó tomando en cuenta todos los aspectos indicados en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional para, para el proyecto **"CERRO DEL GALLO",** y se incorporaron los elementos necesarios para dar congruencia y claridad al estudio.

En cada uno de los apartados han sido descritos los elementos metodológicos utilizados, especialmente en lo relativo al trabajo de campo. Integrados al documento, se presentan mapas, figuras, imágenes y un anexo fotográfico adecuadamente descritos, que fungen como material visual de apoyo.

Las metodologías utilizadas son de uso común en este tipo de trabajo y han demostrado su eficacia para la obtención de resultados útiles en la toma de decisiones.

Se detalla la bibliografía utilizada y se tuvo especial cuidado en incluir información veraz de fuentes formales y trabajo de campo metódico.

8.2. Anexos presentados

En cada uno de los Anexos que integra la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional en su Modalidad B, se incluye información de diversa índole, que consiste en:

8.2.1. Documentos legales

- Solicitud de ingreso de trámite.
- Pago de derechos para el Proyecto **"CERRO DEL GALLO"**.
- Medio magnético que contiene el Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto **"CERRO DEL GALLO".**
- Resumen del contenido del Manifestación de Impacto Ambiental impreso y en medio magnético del Proyecto **"CERRO DEL GALLO"**

8.2.2. Anexo 01:

- Anexo01-1Acta Constitutiva de San Antón de las Minas, S.A. de C.V.,
- Anexo 01-2RFC de la empresa San Antón de las Minas, S.A. de C.V.,

8.2.3. Anexo 02:

- Anexo 02-01 Poder del Representante Legal.
- Anexo 02-02 identificación con fotografía del representante legal
- Anexo 02-03 CURP del representante legal

8.2.4. Anexo 03 cédula profesional y título profesional del responsable técnico del estudio.

8.2.5. Anexo 04 documentos que denuestran la situación legal del terreno sujeto a Cambio de Uso de Suelo Forestal:

- anexo 04-01 contrato arrendamiento y adendum san antonio del oro
- Anexo 04-02 escritura pública 5774 compraventa
- Anexo 04-03 escritura pública 5979 compraventa
- Anexo 04-04 escritura pública 5981 compraventa
- Anexo 04-05 escritura pública 5982 compraventa
- Anexo 04-06 escritura pública 5983 compraventa
- Anexo 04-07 escritura pública 6377 compraventa
- Anexo 04-08 escritura pública 7249 compraventa

- Anexo 04-09 escritura pública 7746 compraventa
- Anexo 04-10 escritura pública 7814 compraventa
- Anexo 04-11 escritura pública 7817 compraventa
- Anexo 04-12 escritura pública 7890 compraventa
- Anexo 04-13 escritura pública 8097 compraventa
- Anexo 04-14 escritura pública 8125 compraventa
- Anexo 04-15 escritura pública 8126 compraventa
- Anexo 04-16 escritura pública 8127 compraventa
- Anexo 04-17 escritura pública 8128 compraventa
- Anexo 04-18 escritura pública 8129 compraventa
- Anexo 04-19 escritura pública 8130 compraventa
- Anexo 04-20 escritura pública 8131 compraventa
- Anexo 04-21 escritura pública 8202 compraventa
- Anexo 04-22 escritura pública 8496 compraventa
- Anexo 04-23 escritura pública 8517 compraventa
- Anexo 04-24 escritura pública 8633 compraventa
- Anexo 04-25 escritura pública 8640 compraventa
- Anexo 04-27 escritura pública 8888 compraventa
- Anexo 04-28 escritura pública 8918 compraventa
- Anexo 04-29 escritura pública 8998 compraventa
- Anexo 04-30 escritura pública 9251 compraventa
- Anexo 04-31 escritura pública 9259 compraventa
- Anexo 04-32 escritura pública 10445 contrato de permuta de varios inmuebles
- Anexo 04-33 escritura pública 11264 compraventa
- Anexo 04-34 escritura pública 11266 otorgamiento de la escritura de adjudicación
- Anexo 04-35 escritura pública 12084 inventarios y avalúos
- Anexo 04-36 escritura pública 13322 complementaria transmisión de propiedad
- Anexo 04-37 escritura pública 14224
- Anexo 04-38 escritura pública 14225

- Anexo 04-39 escritura pública 14240
- Anexo 04-40 escritura pública 14241
- Anexo 04-41 escritura pública 14242
- Anexo 04-42 escritura pública 14244
- Anexo 04-43 escritura pública 14245
- Anexo 04-44 escritura pública 14246
- Anexo 04-45 escritura pública 14288
- Anexo 04-46 escritura pública 14289
- Anexo 04-47 escritura pública 14290
- Anexo 04-48 escritura pública 14330
- Anexo 04-49 escritura pública 14331
- Anexo 04-50 escritura pública 14332
- Anexo 04-51 escritura pública 14425
- Anexo 04-52 escritura pública 14427
- Anexo 04-53 escritura pública 14428
- Anexo 04-54 escritura pública 14429
- Anexo 04-55 escritura pública 14431
- Anexo 04-56 escritura pública 14432
- Anexo 04-57 escritura pública 14619
- Anexo 04-58 escritura pública 14620
- Anexo 04-59 escritura pública 14621
- Anexo 04-60 escritura pública 14622
- Anexo 04-61 escritura pública 14623
- Anexo 04-62 escritura pública 15034
- Anexo 04-63 escritura pública 15035
- Anexo 04-64 escritura pública 15037
- Anexo 04-65 escritura pública 15038
- Anexo 04-66 escritura pública 15071 escritura complementaria
- Anexo 04-67 escritura pública 15072

- anexo 04-68 contrato arrendamiento Petra Camacho Camacho.

8.2.6. Anexo 05 copias de los títulos de Concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas por parte de la CONAGUA:

- Anexo 05-1 08GUA110394-12FMDL16, explotar 140,000 m^3 anuales
- Anexo 05-2 08GUA123064-12FMDL16, explotar 300,000 m^3 anuales
- Anexo 05-3 08GUA154831-12FMDL14, explotar 130,000 m^3 anuales
- Anexo 05-4 08GUA154832-12FMDL14, explotar 130,000 m^3 anuales
- Anexo 05-5 08GUA154833-12FMDL14, explotar 140,000 m3 anuales
- Anexo 05-6 08GUA155418-12FMDL16, explotar 250,000 m^3 anuales
- Anexo 05-7 08GUA155423-12FMDL16, explotar 200,000 m^3 anuales
- Anexo 05-8 08GUA155432-12FMDL16, explotar 150,000 m^3 anuales

8.2.7. Anexo 06 copias de las concesiones mineras otorgadas por parte de la Secretaría de Economia.

- Concesión No. 205335 denominada San Antón con expediente 6/1.3/242 con vigencia al 7 de agosto de 2047 amparando una superficie de 2,214.7184 hectáreas.
- Concesión No. 200168 denominada El Cipres con expediente 6/1.3/302 con vigencia al 9 de septiembre de 2049 amparando una superficie de 13.7498 hectáreas.
- Concesión No. 216707 denominada Ave de Gracia con expediente 6/1.3/00315 con vigencia al 16 de mayo de 2052 amparando una superficie de 64.2822 hectáreas.

8.2.8. Anexo 07 estudio de riesgo ambiental del Proyecto "CERRO DEL GALLO".

8.2.9. Anexo 08 se presentan estudios realizados.

- Anexo 08-01 Caracterización Geoquímica de Mineral Lixiviado.
- Anexo 08-02 Caracterización terreros y tepetate
- Anexo 08-03 Geotenia cerro del gallo

- Anexo 08-04 Dimensionamiento de piletas
- Anexo 08-05 Análisis Hidrológico
- Anexo 08-06 Análisis de Estabilidad patios y tepetatera
- Anexo 08-07b Bases de diseño sistema de ixiviación y tepetatera

8.2.10. Anexo 09 se incluyen los planos, mapas, figuras y cartografía.

- Anexo 09-01 planos cerro el gallo.
- Anexo 09-02 arreglos generales por secciones cerro del gallo 2020
- Anexo 09-03 diagramas de flujo cerro del gallo 2020
- Anexo 09-04 figuras cerro del gallo 2020

8.2.11. Anexo 10 integran las hojas de seguridad de los materiales peligrosos a utilizar.

- Anexo10-01 cianuro de sodio
- Anexo10-02 hidroxido de calcio
- Anexo10-03 acido sulfurico
- Anexo10-04 hidrosulfuro de sodio
- Anexo10-05 acido clorhidrico
- Anexo10-06 soda caustica liquida
- Anexo10-07 borax pentahidratado
- Anexo10-08 nitrito de sodio
- Anexo10-09 arena sílica
- Anexo10-10 carbonato de sodio
- Anexo10-11 acetileno
- Anexo10-12 litargirio
- Anexo10-13 acetato de plomo
- Anexo10-14 nitrato de plata
- Anexo10-15 diesel

8.2.12. anexo 11 contiene las bases de datos

- Anexo 11-01 Coordenadas elementos según Uso de suelo
- anexo 11-01 Coordenadas elementos según Uso de suelo MIA cerro del gallo
- anexo 11-01 coordenadas poligono agricultura de temporal anual
- anexo 11-01 polígono vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino
- anexo 11-01 polígono vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural
- anexo 11-02 Base de Datos Flora MIA Cerro del Gallo
- anexo 11-03 Base de Datos Fauna MIA Cerro del Gallo
- anexo 11-04 Estimación economica de recursos forestales MIA Cerro del Gallo
- anexo 11-05 Costos de restauración MIA Cerro del Gallo
- anexo 11-06 BALANCE HÍDRICO
- anexo 11-06 BALANCE HÍDRICO EN EL SAR
- anexo 11-06 EROSIÓN EÓLICA
- anexo 11-06 EROSIÓN EÓLICA EN EL SAR
- anexo 11-06 EROSIÓN HIDRICA EN EL CUSTF
- anexo 11-06 EROSIÓN HIDRICA EN EL SAR
- anexo 11-06 Servicios ambientales a afectar MIA Cerro del Gallo
- anexo 11-07a ESC-EV-1 DERRAME DEL TANQUE Cerro del Gallo
- anexo 11-07b EV-1 DERRAME NaCN
- anexo 11-07c ESC-EV-2 FUGA DEL TANQUE Cerro del Gallo
- anexo 11-07d EV-2 ORIFICIO NaCN
- anexo 11-08a calculo emisiones MIA-R cerro del gallo equipo combustión fijo
- anexo 11-08b calculo del uso del potencial energetico MIA-R cerro del gallo
- anexo 11-08c calculo emisiones MIA-R cerro del gallo equipo pesado
- anexo 11-08d calculo emisiones MIA-R cerro del gallo vehículo carretera
- anexo 11-08e calculo emisiones MIA-R cerro del gallo voladuras

8.2.13. Anexo 12 se agrega la memoria fotográfica