



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.

DIRECCION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

“Sectorización de la red de distribución de agua potable”

PROMOVENTE:



ELABORADO POR:



2020

ÍNDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	1
I.1. Datos generales del proyecto	1
I.1.1. Nombre del proyecto.....	1
I.1.2. Ubicación del proyecto.....	1
I.3. Duración del proyecto	5
I.2. Datos generales del promovente	5
I.2.1. Nombre o razón social.....	5
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente.....	5
I.2.3. Nombre y cargo del representante legal.....	5
I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.....	5
I.3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental	5
I.3.1. Nombre o razón social.....	5
I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP.....	6
I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio.....	6
I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio.....	6
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO	7
II.1. Información general del proyecto	7
II.1.1. Naturaleza del proyecto.....	7
II.1.2. Justificación.....	9
II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto.....	11
II.1.4. Inversión requerida.....	16
II.2. Características particulares del proyecto	17
II.2.1. Programa de trabajo.....	28
II.2.2 Representación gráfica regional.....	30
II.2.3 Representación gráfica local.....	31
II.2.4 Preparación del sitio y construcción.....	32
II.2.5 Operación y mantenimiento.....	35
II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.....	37
II.2.7. Residuos.....	37
II.2.8. Generación de gases de efecto invernadero.....	38
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES ..	40
III.1. Planes de ordenamiento ecológico del territorio (POET)	40
III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas	43
III.3. Planes o programas de desarrollo urbano Municipales (PDU)	46
III.4. Normas Oficiales Mexicanas	46
III.5. Leyes	47
III.5.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	47
III.5.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	51
III.5.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.....	52
III.5.4. Ley General de Vida Silvestre.....	52
III.5.5. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.....	53
III.6. Reglamentos	53
III.6.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.....	53
III.6.2. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.....	54
III.6.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	54
III.7. Programa Nacional de Desarrollo Urbano, Estrategia Nacional de Cambio Climático y Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT)	56

“Sectorización de la red de distribución de agua potable”

III.8. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética.....	57
III.9. Convenios y tratados internacionales	58
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN	59
IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.....	59
IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.....	68
IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR	68
IV.3. Diagnóstico ambiental	160
V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	168
V.1. Identificación de impactos	168
V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	168
V.2. Caracterización de los impactos.....	173
V.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático.....	173
V.3. Valoración de los impactos	177
V.4. Impactos residuales	187
V.5. Impactos acumulativos.....	188
V.6. Conclusiones	189
VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....	190
VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental.....	190
VI.2 Programa de Vigilancia Ambiental.....	193
VI.3 Seguimiento y control (monitoreo).....	195
VI.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas.....	200
VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	202
VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.....	202
VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto	204
VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación	206
VII.4. Pronóstico ambiental.....	208
VII.5. Evaluación de alternativas	208
VII.6. Conclusiones.....	209
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	210
VIII.1 Presentación de la información	210
VIII.1.1 Cartografía	210
VIII.1.2 Fotografías.....	210
VIII.1.3 Videos	210
VIII.2 Otros anexos.....	210
VIII.2.1 Memorias	210
VIII.3 Glosario de términos.....	211
VIII.4 Bibliografía.....	218

Índice de tablas

Tabla 1. Datos básicos de situación al año 2020.....	10
Tabla 2. Datos básicos de proyectos al año 2040	10
Tabla 3. Coordenadas geográficas y UTM de la obra en el manantial Arroyo Hondo	11
Tabla 4. Coordenadas geográficas y UTM de la red de conducción	12
Tabla 5. Coordenadas geográficas y UTM del cárcamo de rebombeo.....	14

Tabla 6. Coordenadas geográficas y UTM del tanque de almacenamiento	15
Tabla 7. Ubicación de cajas a instalar	15
Tabla 8. Tubería a instalar	15
Tabla 9. Coste de operación de proyecto con diferentes diámetros	19
Tabla 10. Programa de trabajo	29
Tabla 11. Residuos generados	37
Tabla 12. Generación de GEI	39
Tabla 13. Cantidad de energía disipada de todo el proyecto.....	39
Tabla 14. Descripción de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB).....	41
Tabla 15. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas	46
Tabla 16. Datos de la Estación Meteorológica.....	71
Tabla 17. Temperatura Media.....	71
Tabla 18. Temperatura Máxima.....	72
Tabla 19. Temperatura Mínima.....	74
Tabla 20. Precipitación	76
Tabla 21. Número de días con lluvia	78
Tabla 22. Número de días con niebla.....	78
Tabla 23. Número de días con granizo.....	78
Tabla 24. Número de días con tormentas eléctricas.....	78
Tabla 25. Categorías de impacto según la valoración obtenida con el Índice de Impacto Paisajístico	155
Tabla 26. Criterios de valoración de la calidad visual intrínseca del paisaje	156
Tabla 27. Criterios de valoración de la calidad visual intrínseca del paisaje	158
Tabla 28. Criterios de valoración del factor de visibilidad	159
Tabla 29. Síntesis de la situación actual de los factores ambientales en el Sistema Ambiental	160
Tabla 30. Criterios para la evaluación de los impactos ambientales	171
Tabla 31. Criterios para la jerarquización de los impactos	173
Tabla 32. Importancia de los Factores Ambientales	178
Tabla 33. Matriz de Causa- Efecto	179
Tabla 34. Resumen de la evolución de la matriz de Causa- Efecto por actividad	180
Tabla 35. Resumen de la valoración de la matriz de Causa- Efecto para los componente o factores ambientales	181
Tabla 36. Impactos ambientales identificados	182
Tabla 37. Evaluación de Impactos Ambientales	184
Tabla 38. Evaluación de Impactos Ambientales Residuales	188
Tabla 39. Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos.....	188
Tabla 40. Medidas de mitigación de los impactos ambientales	190
Tabla 41. Análisis del escenario sin proyecto.....	202
Tabla 42. Análisis del escenario con proyecto sin medidas.....	204
Tabla 43. Análisis del escenario con proyecto con medidas.....	206

Índice de cartografía

Carta 1. Ubicación del proyecto	2
Carta 2. Fotografía aérea del proyecto	3
Carta 3. Acercamiento fotografía aérea del proyecto	4



“Sectorización de la red de distribución de agua potable”

Carta 4. Representación gráfica regional	30
Carta 5. Representación gráfica local	31
Carta 6. Ubicación respecto al POEGT	42
Carta 7. Distancias del Proyecto a las Áreas Naturales Protegidas	45
Carta 8. Delimitación del Sistema Ambiental	62
Carta 9. Acercamiento de fotografía aérea del Sistema Ambiental	63
Carta 10. Delimitación del Área de Influencia	67
Carta 11. Climatología	70
Carta 12. Temperatura máxima promedio anual	73
Carta 13. Temperatura mínima promedio anual	75
Carta 14. Precipitación promedio anual	77
Carta 15. Geomorfología	85
Carta 16. Sismicidad	87
Carta 17. Geología	95
Carta 18. Edafología	102
Carta 19. Erosión	107
Carta 20. Degradación de suelos	112
Carta 21. Hidrología	117
Carta 22. Permeabilidad	120
Carta 23. Uso de Suelo y Vegetación Serie VI	138

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

I.1. Datos generales del proyecto

I.1.1. Nombre del proyecto

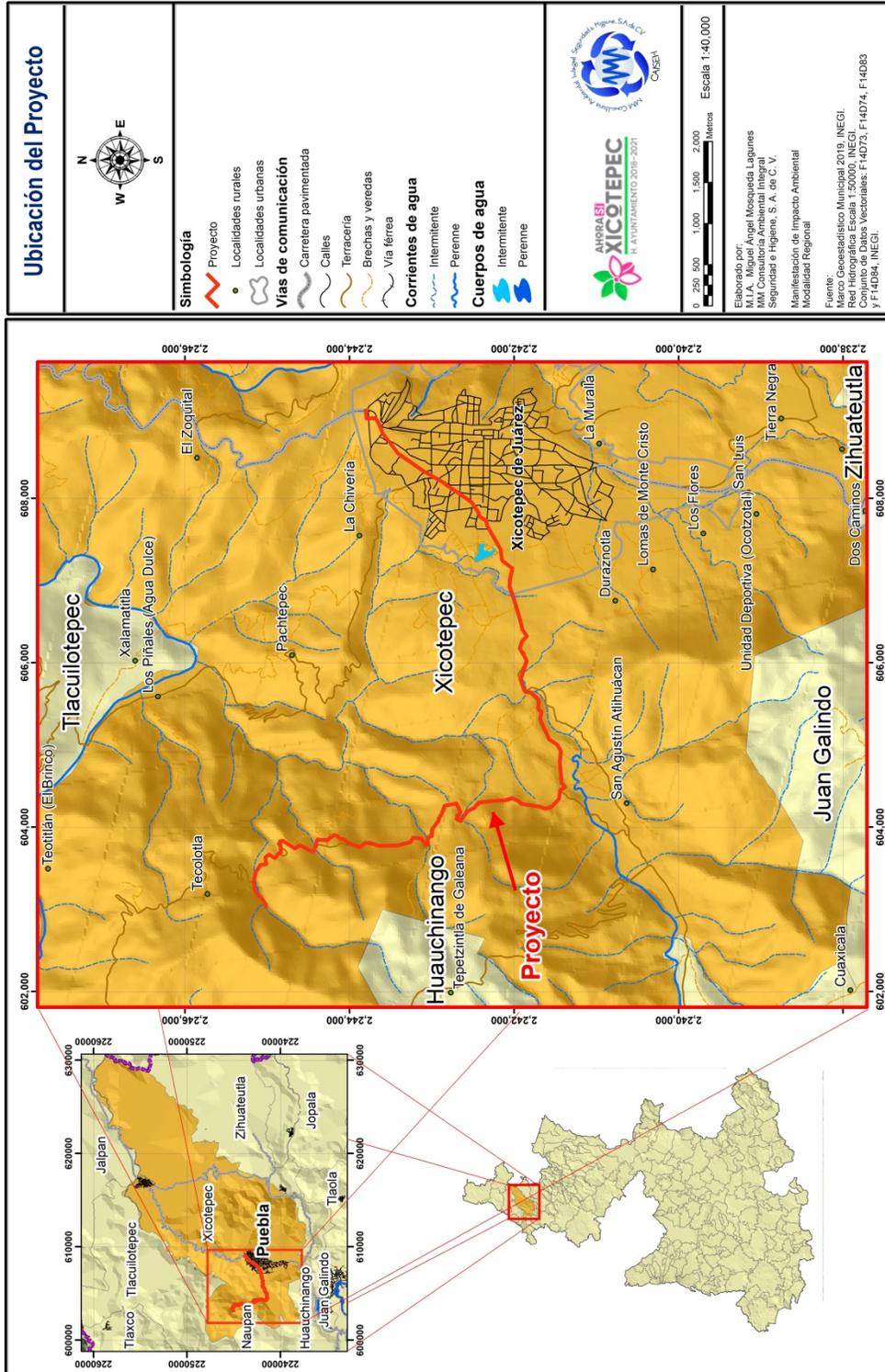
Proyecto de Sectorización de la red de distribución de agua potable en el Municipio de Xicoteppec de Juárez, Estado de Puebla

I.1.2. Ubicación del proyecto

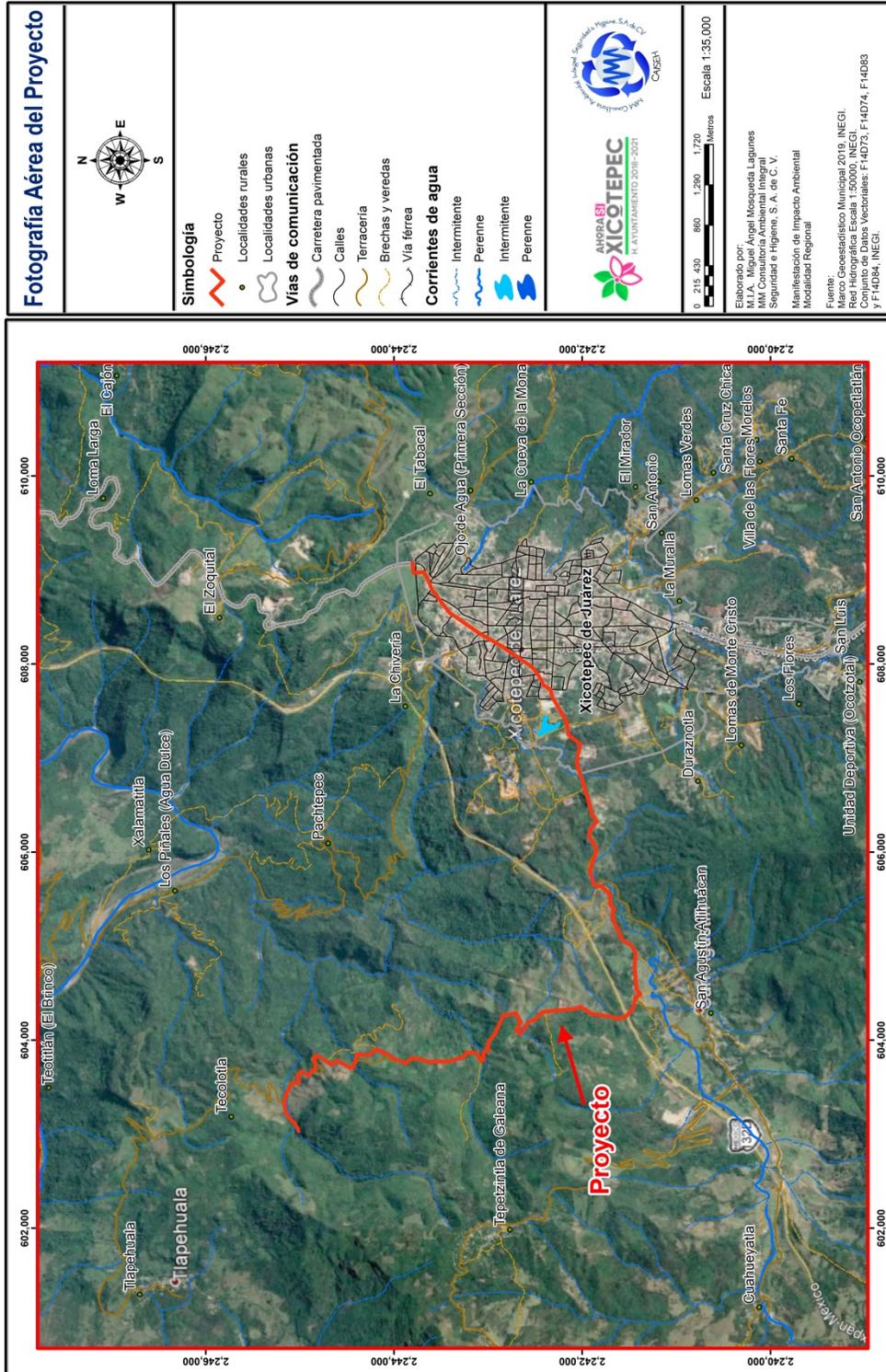
El proyecto se desarrollara en el Municipio de Xicoteppec de Juárez, Puebla

A continuación se muestra la fotografía aérea y acercamiento de fotografía del proyecto:

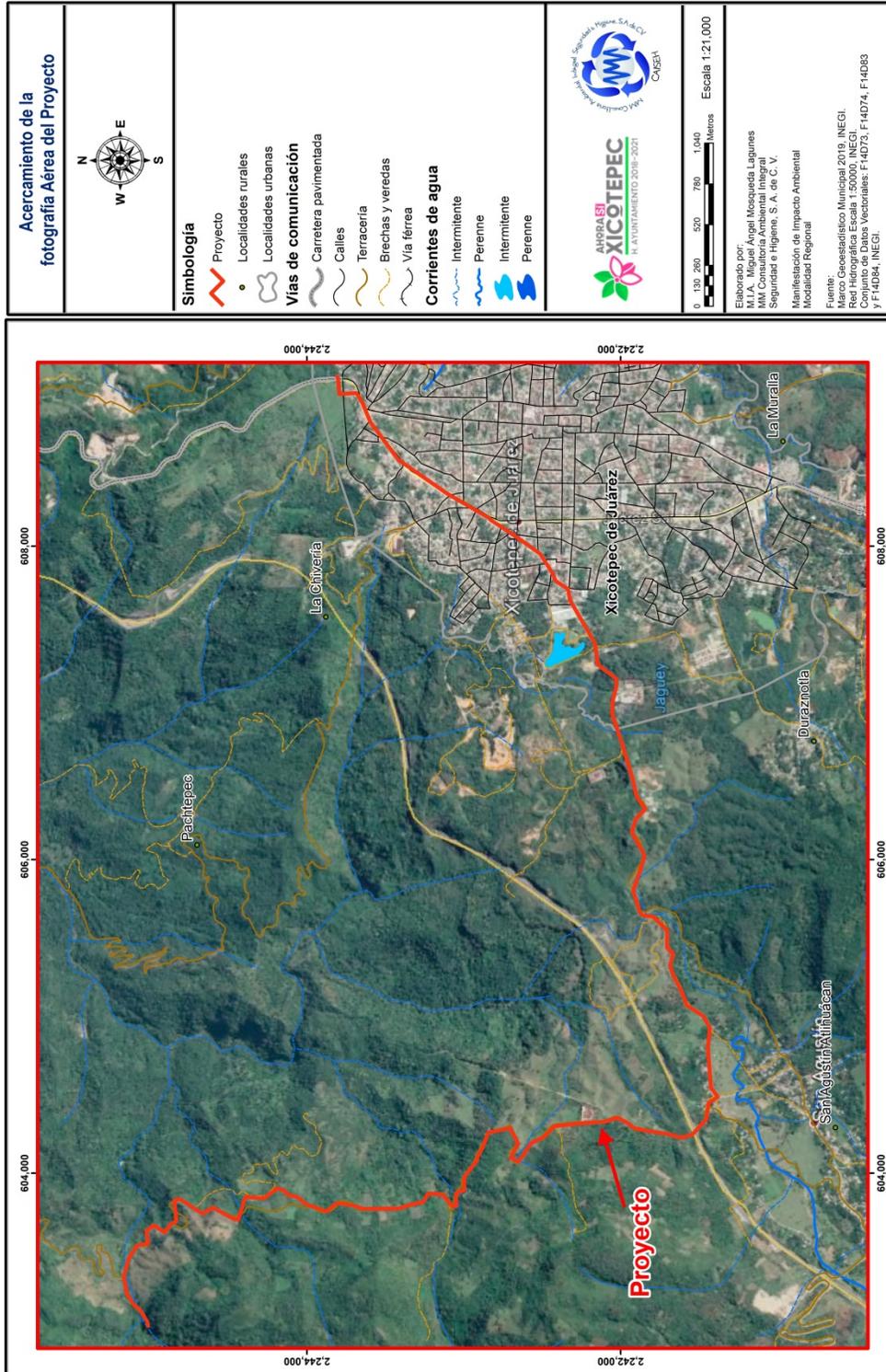
Carta 1. Ubicación del proyecto



Carta 2. Fotografía aérea del proyecto



Carta 3. Acercamiento fotografía aérea del proyecto



1.3. Duración del proyecto

El tiempo de duración de la etapa de preparación del sitio y construcción será de 6 meses, la operación se considera indefinida y dependerá de los mantenimientos que se dé al proyecto por parte del Servicio Operador de Agua Potable,

I.2. Datos generales del promovente

I.2.1. Nombre o razón social

H. Ayuntamiento del Municipio de Xicoteppec de Juárez, Puebla.

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

MXP 930215TG7

I.2.3. Nombre y cargo del representante legal

C. Laura Guadalupe Vargas Vargas, Presidenta Municipal

I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Plaza de la Constitución S/N, Col. Centro, Xicoteppec de Juárez, Puebla

I.3. Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

I.3.1. Nombre o razón social

MM Consultoria Ambiental Integral Seguridad e Higiene, S.A. de C.V.

I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP

MCA061205B38

I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio

M.I.A. Miguel Angel Mosqueda Lagunes

I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio

Calle 16 de Septiembre No. 1916 Despachos 2 y 3, Col. El Carmen, Puebla, Pue.

Tel. [REDACTED]

Email: [REDACTED]

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES DEL PROYECTO

II.1. Información general del proyecto

Actualmente en el Municipio de Xicotepec de Juárez en el Estado de Puebla, se presenta un desabastecimiento de agua potable, por lo cual, el Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio pretende prestar un mejor servicio de agua potable en la cabecera municipal.

El proyecto consiste en la división (sectorización) de la red de distribución de agua potable en subsectores que permitan un control de caudales tanto en la entrega como en la distribución, así como regular la presión interna en las tuberías, mediante la instalación de cajas de control que incluyan, medidores, válvulas de seccionamiento y válvulas reguladoras de presión (VRP).

Además, se contempla una nueva fuente (Manantial Arroyo Hondo) de abastecimiento, dado que la actual (Manantial Puente de Rieles) es insuficiente para abastecer la demanda presente y futura. Esta ampliación de red consistirá en la construcción de un sistema de captación en el Manantial Arroyo Hondo así como instalación de tubería de conducción, un cárcamo de bombeo y un tanque de agua.

II.1.1. Naturaleza del proyecto

Como se mencionó anteriormente, el presente proyecto consiste en sectorizar la red de distribución de agua potable en el Municipio de Xicotepec de Juárez en el Estado de Puebla, así como regular la presión interna en las tuberías, mediante la instalación de cajas de control que incluyan, medidores, válvulas de seccionamiento y válvulas reguladoras de presión (VRP).

La sectorización en la operación de la red de abastecimiento reducirá el área de inspección del sistema facilitando así la detección, localización y control de anomalías en el suministro como roturas, fugas y deficiencias de presión.

Además, dado que actualmente la red de distribución de agua potable se abastece del manantial Puente de Rieles y se presenta un déficit del vital líquido, mismo que se acentúa en la época de estiaje, se considera una nueva fuente (Manantial Arroyo Hondo) de abastecimiento, destinada a ampliar la oferta de agua potable, con lo cual se pretende mejorar el bienestar de los habitantes del Municipio.

Con base en lo anterior, dicha naturaleza se vincula a lo establecido en el artículo 11 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Asimismo, se menciona que la distribución de agua potable de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 (SCIAN 2018) se encuentra en el sector económico 22 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final, 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final, 2213 Captación, tratamiento y suministro de agua, 22131 Captación, tratamiento y suministro de agua, 221312 Captación, tratamiento y suministro de agua realizados por el sector público.

II.1.2. Justificación

El Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Xicotepec, en su esfuerzo de prestar un mejor servicio de agua potable en la cabecera Municipal, tiene previsto que se lleve a cabo el Proyecto de Sectorización de la red de distribución de agua potable y análisis de fuentes de abastecimiento a futuro que hará posible

Una de las soluciones adoptadas hoy en día por muchos gestores para mejorar la distribución y la eficiencia hídrica es la sectorización; que consiste básicamente en dividir la red en sectores, cuyas entradas y salidas estén controladas. Para realizar propuestas de sectorización se deberá contar primero con un modelo matemático de la red que permita simular las condiciones reales en que quedará el sistema después de dividirlo en pequeñas zonas, importando sobre todo las condiciones de presión en puntos críticos y las velocidades de circulación por las tuberías de entrada o por los ramales terminales creados con tal motivo. Sectorizar una red es una opción estratégica que homogeneiza los elementos, las medidas y los parámetros de diseño de cada sector.

De esta forma se gana precisión y se evitan sesgos en los análisis que fundamentarán la toma de decisiones en la gestión del abastecimiento. Otro aspecto positivo de sectorizar una red, es que se reduce el área de inspección del sistema facilitando así la detección, localización y control de anomalías en el suministro (como roturas, fugas, deficiencias de presión, etc.), debiendo no quedar desvinculados del resto de la red ni física ni hidráulicamente.

Respecto al aumento en la dotación de agua potable a la población de Xicotepec; para las que se requiere la infraestructura del sistema de captación, tubería, cárcamo de bombeo y tanque es importante mencionar que se realizaron los estudios correspondientes de acuerdo a los Manuales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento con los que se

concluye que actualmente existe un déficit en el suministro de agua, debido a problemas con el actual sitio de captación principalmente, los datos situacionales son los siguientes:

Tabla 1. Datos básicos de situación al año 2020

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Población	Habitantes	48,603
2	Dotación	lt/hab/dia	240
3	Gasto medio (Dómetico)	lps	81.04
4	Gasto medio (Comercios)	lps	8.58
5	Gasto medio (Industrias)**	lps	0.99
6	Pérdidas físicas (30%)	lps	38.83
7	Gasto medio Total	lps	129.45
8	Gasto máximo diario	lps	181.23
9	Gasto máximo horario	lps	280.90
10	Coeficiente de variación diaria (CVd)		1.4
11	Coeficiente de variación horaria (CVh)		1.55
12	Coeficiente de regulación		11
13	Volumen de regularización requerido	m3	1,994

De acuerdo a las proyecciones y cálculos realizados la situación para el 2040 es la siguiente:

Tabla 2. Datos básicos de proyectos al año 2040

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Población	Habitantes	55,157
2	Dotación	lt/hab/dia	228
3	Gasto medio (Dómetico)	lps	95.47
4	Gasto medio (Comercios)	lps	12.08
5	Gasto medio (Industrias)**	lps	1.42
6	Pérdidas físicas (25%)	lps	36.32
7	Gasto medio Total	lps	145.30
8	Gasto máximo diario	lps	203.42
9	Gasto máximo horario	lps	315.30
10	Coeficiente de variación diaria (CVd)		1.4
11	Coeficiente de variación horaria (CVh)		1.55
12	Coeficiente de regulación		11
13	Volumen de regularización requerido	m3	2,238

Independientemente que se calculó para el año 2020 una demanda de 129.45 lps con objeto de saber el déficit actual (29.45 lps) para poder cumplir con la demanda determinada, en la actualidad (enero 2020) sólo se está suministrando 100 lps en promedio, por lo que el funcionamiento de la red existente se lleva a cabo con los 100 lps.

II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto

El proyecto se llevara al cabo en el municipio de Xicotepec, como se ha señalado en proyecto consistirá en lo siguiente:

- Obra de captación en el Manantial Arroyo Hondo, con una superficie de 63.85 m².
- Red de conducción del manantial Arroyo Hondo a Tanques de distribución, con una longitud de 11,563.36 m.
- Cárcamo de rebombeo con una superficie de 474.75 m².
- Tanque de agua para distribución con una superficie de 900 m² y capacidad de almacenamiento de 1,000m³ de agua.
- Sectorización de red de distribución con la instalación de 17 cajas de medición y control así como 15,837.18 m de tubería.

Las coordenadas de la red de distribución son las siguientes:

Tabla 3. Coordenadas geográficas y UTM de la obra en el manantial Arroyo Hondo

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
1-2	603,006.1829	2,245,016.0452	20°18'0.926423" N	98°0'48.382455" W
2-3	603,006.6798	2,245,016.2423	20°18'0.932738" N	98°0'48.365285" W
3-4	603,010.7556	2,245,017.7902	20°18'0.982294" N	98°0'48.224447" W
4-5	603,009.1408	2,245,021.9202	20°18'1.116938" N	98°0'48.279268" W
5-6	603,008.8242	2,245,023.6265	20°18'1.172500" N	98°0'48.289834" W
6-7	603,008.5583	2,245,024.8785	20°18'1.213273" N	98°0'48.298741" W
7-8	603,007.7291	2,245,025.2387	20°18'1.225152" N	98°0'48.327256" W
8-9	603,006.8556	2,245,025.3374	20°18'1.228532" N	98°0'48.357351" W
9-10	603,006.1897	2,245,025.7344	20°18'1.241573" N	98°0'48.380226" W
10-11	603,005.2953	2,245,025.7323	20°18'1.241680" N	98°0'48.411060" W
11-12	603,004.2135	2,245,025.4903	20°18'1.234017" N	98°0'48.448408" W

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
12-13	603,003.2641	2,245,025.6108	20°18'1.238121" N	98°0'48.481113" W
13-14	603,002.0170	2,245,025.0407	20°18'1.219822" N	98°0'48.524227" W
14-15	603,001.6530	2,245,024.4218	20°18'1.199761" N	98°0'48.536903" W
15-16	603,000.8284	2,245,023.6357	20°18'1.174353" N	98°0'48.565494" W
16-17	603,000.5103	2,245,022.9131	20°18'1.150911" N	98°0'48.576607" W
17-18	602,999.5901	2,245,021.0709	20°18'1.091170" N	98°0'48.608712" W
18-1	603,005.3963	2,245,018.1707	20°18'0.995709" N	98°0'48.409137" W

*DATUM Geodésico WGS84 México. Zona UTM 14 N.

Las coordenadas de la red de conducción son las siguientes:

Tabla 4. Coordenadas geográficas y UTM de la red de conducción

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
1-2	603,014.3965	2,245,011.1384	20°18'0.765229" N	98°0'48.100295" W
2-3	603,052.4885	2,245,017.7058	20°18'0.971435" N	98°0'46.785689" W
3-4	603,074.3018	2,245,032.3141	20°18'1.442344" N	98°0'46.030648" W
4-5	603,095.4102	2,245,043.5382	20°18'1.803316" N	98°0'45.300605" W
5-6	603,121.4326	2,245,059.3371	20°18'2.312133" N	98°0'44.400200" W
6-7	603,158.8616	2,245,102.7418	20°18'3.716635" N	98°0'43.100849" W
7-8	603,228.5760	2,245,148.6492	20°18'5.196249" N	98°0'40.687902" W
8-9	603,266.2327	2,245,153.3741	20°18'5.342597" N	98°0'39.388671" W
9-10	603,333.5689	2,245,167.5973	20°18'5.792099" N	98°0'37.064244" W
10-11	603,450.4067	2,245,138.0663	20°18'4.808779" N	98°0'33.042246" W
11-12	603,539.2474	2,245,082.6129	20°18'2.987751" N	98°0'29.990856" W
12-13	603,547.6716	2,245,012.1486	20°18'0.694181" N	98°0'29.715012" W
13-14	603,631.9585	2,245,022.6859	20°18'1.020444" N	98°0'26.806975" W
14-15	603,665.6386	2,244,978.4376	20°17'59.574638" N	98°0'25.655002" W
15-16	603,621.5637	2,244,905.1944	20°17'57.200939" N	98°0'27.189688" W
16-17	603,676.7900	2,244,864.9128	20°17'55.879941" N	98°0'25.294084" W
17-18	603,692.2009	2,244,832.2764	20°17'54.815392" N	98°0'24.769552" W
18-19	603,825.9307	2,244,845.6015	20°17'55.222632" N	98°0'20.156403" W
19-20	603,832.9443	2,244,810.1242	20°17'54.067319" N	98°0'19.921970" W
20-21	603,740.7115	2,244,665.6690	20°17'49.386818" N	98°0'23.131687" W
21-22	603,779.6926	2,244,600.3877	20°17'47.255847" N	98°0'21.801356" W
22-23	603,707.3174	2,244,466.9663	20°17'42.930333" N	98°0'24.324147" W
23-24	603,703.6498	2,244,437.4301	20°17'41.970355" N	98°0'24.456709" W
24-25	603,847.2329	2,244,392.3353	20°17'40.475495" N	98°0'19.516104" W
25-26	603,838.5696	2,244,273.4946	20°17'36.611772" N	98°0'19.839431" W
26-27	603,901.5598	2,244,190.6362	20°17'33.904377" N	98°0'17.685101" W
27-28	603,889.3172	2,244,145.2473	20°17'32.430452" N	98°0'18.116577" W
28-29	603,859.0136	2,244,118.4447	20°17'31.564605" N	98°0'19.166827" W
29-30	603,846.5294	2,244,060.8942	20°17'29.695159" N	98°0'19.609153" W
30-31	603,805.0762	2,244,013.2371	20°17'28.153176" N	98°0'21.048089" W
31-32	603,753.3280	2,243,874.2341	20°17'23.642078" N	98°0'22.860864" W
32-33	603,808.3338	2,243,810.5203	20°17'21.558952" N	98°0'20.977842" W

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
33-34	603,791.9544	2,243,699.0977	20°17'17.938018" N	98°0'21.565603" W
34-35	603,771.2391	2,243,647.0701	20°17'16.249816" N	98°0'22.290514" W
35-36	603,773.2092	2,243,417.5966	20°17'8.785551" N	98°0'22.270176" W
36-37	603,801.9196	2,243,322.4018	20°17'5.683620" N	98°0'21.300196" W
37-38	603,815.2101	2,243,259.7285	20°17'3.642501" N	98°0'20.855041" W
38-39	603,870.0299	2,243,227.5257	20°17'2.584339" N	98°0'18.971964" W
39-40	603,860.6320	2,243,131.9105	20°16'59.476187" N	98°0'19.315767" W
40-41	603,786.4491	2,243,073.2580	20°16'57.582966" N	98°0'21.885156" W
41-42	603,787.6988	2,243,046.6513	20°16'56.717310" N	98°0'21.847592" W
42-43	603,872.5075	2,243,049.7416	20°16'56.801229" N	98°0'18.923442" W
43-44	603,891.0938	2,242,997.7966	20°16'55.108020" N	98°0'18.293519" W
44-45	603,973.9282	2,242,996.9509	20°16'55.064288" N	98°0'15.438253" W
45-46	604,081.0909	2,242,915.4744	20°16'52.393164" N	98°0'11.761114" W
46-47	604,102.1728	2,242,913.8541	20°16'52.336326" N	98°0'11.034729" W
47-48	604,160.1295	2,242,881.3894	20°16'51.269002" N	98°0'9.043626" W
48-49	604,258.4354	2,242,843.3470	20°16'50.012328" N	98°0'5.662805" W
49-50	604,286.1726	2,242,703.3503	20°16'45.453334" N	98°0'4.735824" W
50-51	604,188.1846	2,242,653.6292	20°16'43.855349" N	98°0'8.123920" W
51-52	604,099.2851	2,242,700.5605	20°16'45.399287" N	98°0'11.178618" W
52-53	604,071.2908	2,242,651.7713	20°16'43.817855" N	98°0'12.153749" W
53-54	604,192.3090	2,242,569.2905	20°16'41.111330" N	98°0'7.999298" W
54-55	604,229.4337	2,242,488.9493	20°16'38.490854" N	98°0'6.736301" W
55-56	604,297.7522	2,242,423.7617	20°16'36.357134" N	98°0'4.394898" W
56-57	604,317.0449	2,242,260.3939	20°16'31.039628" N	98°0'3.763896" W
57-58	604,327.4031	2,242,098.3847	20°16'25.768065" N	98°0'3.440592" W
58-59	604,353.1373	2,242,023.6143	20°16'23.331018" N	98°0'2.569116" W
59-60	604,322.4272	2,241,960.2302	20°16'21.275415" N	98°0'3.640885" W
60-61	604,282.1824	2,241,908.7412	20°16'19.608588" N	98°0'5.038825" W
61-62	604,247.5139	2,241,689.3768	20°16'12.480325" N	98°0'6.279476" W
62-63	604,224.1856	2,241,617.3705	20°16'10.142818" N	98°0'7.098562" W
63-64	604,245.8919	2,241,543.0244	20°16'7.720367" N	98°0'6.365838" W
64-65	604,342.8836	2,241,453.5317	20°16'4.790466" N	98°0'3.041291" W
65-66	604,448.4513	2,241,440.1932	20°16'4.335860" N	97°59'59.405308" W
66-67	604,485.4200	2,241,382.0735	20°16'2.438178" N	97°59'58.143169" W
67-68	604,544.1428	2,241,423.8259	20°16'3.784665" N	97°59'56.110378" W
68-69	604,740.2457	2,241,439.5847	20°16'4.258589" N	97°59'49.347721" W
69-70	604,794.7739	2,241,444.7675	20°16'4.416407" N	97°59'47.467132" W
70-71	604,926.2205	2,241,431.6851	20°16'3.964930" N	97°59'42.939107" W
71-72	605,002.9958	2,241,475.5969	20°16'5.378030" N	97°59'40.283579" W
72-73	605,069.3593	2,241,577.8502	20°16'8.690799" N	97°59'37.974686" W
73-74	605,165.7786	2,241,615.3309	20°16'9.890809" N	97°59'34.643369" W
74-75	605,266.5584	2,241,666.8067	20°16'11.545140" N	97°59'31.158798" W
75-76	605,321.6168	2,241,684.9508	20°16'12.124376" N	97°59'29.257182" W
76-77	605,399.7841	2,241,664.9402	20°16'11.457999" N	97°59'26.567050" W
77-78	605,438.2435	2,241,703.5017	20°16'12.704615" N	97°59'25.233286" W
78-79	605,546.8771	2,241,703.2324	20°16'12.674272" N	97°59'21.488857" W
79-80	605,637.8400	2,241,795.7529	20°16'15.665500" N	97°59'18.333957" W
80-81	605,643.0777	2,241,860.5435	20°16'17.771837" N	97°59'18.139755" W

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
81-82	605,667.8696	2,241,879.1577	20°16'18.372347" N	97°59'17.281272" W
82-83	605,800.2592	2,241,920.0663	20°16'19.676572" N	97°59'12.709260" W
83-84	606,020.7023	2,241,847.5250	20°16'17.273116" N	97°59'5.126092" W
84-85	606,065.2665	2,241,867.0679	20°16'17.899866" N	97°59'3.585864" W
85-86	606,175.3234	2,241,929.6416	20°16'19.913136" N	97°58'59.779032" W
86-87	606,260.2982	2,241,903.6261	20°16'19.049955" N	97°58'56.855530" W
87-88	606,323.2109	2,241,844.1341	20°16'17.102327" N	97°58'54.699604" W
88-89	606,401.8672	2,241,898.5488	20°16'18.856455" N	97°58'51.976834" W
89-90	606,511.0127	2,241,922.4694	20°16'19.612609" N	97°58'48.209590" W
90-91	606,775.9997	2,242,002.7708	20°16'22.171248" N	97°58'39.058577" W
91-92	606,924.5776	2,242,053.8717	20°16'23.803444" N	97°58'33.926284" W
92-93	607,000.1870	2,242,052.4902	20°16'23.743274" N	97°58'31.320365" W
93-94	607,112.2566	2,242,026.2921	20°16'22.868558" N	97°58'27.462991" W
94-95	607,151.4705	2,242,025.2783	20°16'22.827669" N	97°58'26.111529" W
95-96	607,237.3614	2,242,137.8956	20°16'26.473294" N	97°58'23.126812" W
96-97	607,250.6670	2,242,147.5889	20°16'26.785888" N	97°58'22.666100" W
97-98	607,377.6530	2,242,163.1591	20°16'27.266647" N	97°58'18.285605" W
98-99	607,656.5987	2,242,323.7044	20°16'32.432007" N	97°58'8.635949" W
99-100	607,726.1204	2,242,335.6050	20°16'32.804978" N	97°58'6.236980" W
100-101	607,778.1293	2,242,415.4717	20°16'35.392145" N	97°58'4.427051" W
101-102	607,830.3613	2,242,436.2226	20°16'36.056474" N	97°58'2.622144" W
102-103	607,951.8533	2,242,514.1549	20°16'38.566582" N	97°57'58.417502" W
103-104	608,011.7663	2,242,597.9837	20°16'41.280982" N	97°57'56.334204" W
104-105	608,077.9188	2,242,693.6320	20°16'44.378544" N	97°57'54.033255" W
105-106	608,168.0802	2,242,830.3645	20°16'48.807497" N	97°57'50.895800" W
106-107	608,180.5553	2,242,839.2708	20°16'49.094635" N	97°57'50.463850" W
107-108	608,330.1661	2,243,099.7064	20°16'57.534959" N	97°57'45.250282" W
108-109	608,548.6833	2,243,414.7175	20°17'7.736239" N	97°57'37.649389" W
109-110	608,790.9056	2,243,596.2544	20°17'13.591221" N	97°57'29.260051" W
110-111	608,910.5502	2,243,644.8952	20°17'15.148738" N	97°57'25.125040" W
111-112	608,976.2595	2,243,683.5778	20°17'16.393419" N	97°57'22.851460" W
112-113	608,970.6530	2,243,793.3337	20°17'19.964447" N	97°57'23.020832" W
113-114	609,071.7094	2,243,802.5851	20°17'20.244582" N	97°57'19.535130" W
114	609,089.9523	2,243,810.6918	20°17'20.504505" N	97°57'18.904481" W

*DATUM Geodésico WGS84 México. Zona UTM 14 N.

Tabla 5. Coordenadas geográficas y UTM del cárcamo de rebombeo

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
1-2	603,661.4810	2,244,801.3965	20°17'53.816998" N	98°0'25.835033" W
2-3	603,649.3096	2,244,812.5368	20°17'54.181730" N	98°0'26.252337" W
3-4	603,665.7163	2,244,830.4620	20°17'54.761556" N	98°0'25.682996" W
4-5	603,666.1571	2,244,838.4692	20°17'55.021914" N	98°0'25.666138" W
5-7	603,669.2210	2,244,831.2946	20°17'54.787954" N	98°0'25.561998" W
7-8	603,674.5696	2,244,826.4574	20°17'54.629571" N	98°0'25.378602" W
8-9	603,685.7461	2,244,820.4492	20°17'54.431963" N	98°0'24.994537" W
9-1	603,677.8877	2,244,819.3216	20°17'54.396824" N	98°0'25.265692" W

*DATUM Geodésico WGS84 México. Zona UTM 14 N.

Tabla 6. Coordenadas geográficas y UTM del tanque de almacenamiento

Lado	Este (X)	Norte (Y)	Latitud	Longitud
1-2	609,097.5685	2,243,830.4906	20°17'21.146906" N	97°57'18.637612" W
2-3	609,124.9836	2,243,842.6732	20°17'21.537511" N	97°57'17.689884" W
3-4	609,137.1661	2,243,815.2582	20°17'20.643315" N	97°57'17.275896" W
4-1	609,109.7511	2,243,803.0756	20°17'20.252710" N	97°57'18.223623" W

*DATUM Geodésico WGS84 México. Zona UTM 14 N.

En lo que respecta a la sectorización en la red de distribución, se presentan los listados con la ubicación de las cajas a instalar

Tabla 7. Ubicación de cajas a instalar

Cajas	Ubicación de cajas a instalar (Sectorización)
1	Calle Hidalgo y Juárez.
2	Rumbo a Tanque Potabilizadora.
3	Calle San Francisco.
4	Calle Adolfo Mateos y Camino a Centro Escolar.
5	Calle Juárez., entre calle Francisco I. Madero y Guerrero.
6	Calle Juárez y Violetas.
7	Calle González Ortega y De La Rivera.
8	Calle González Ortega y De La Rivera.
9	Calle De Las Flores y Mina.
10	Calle Vicente Guerrero y Venustiano Carranza.
11	Calle Adolfo López Mateos y Oyameles.
12	Tanque Superficial “San Isidro”
13	Calle Bugambillas y Prol. Esfuerzo.
14	Diag. 5 de mayo y Av. Juárez.
15	Diag. 5 de mayo y Calle Emiliano Carranza.
16	Calle 12 de octubre.
17	Calle 12 de octubre.

También se enlistan los diferentes tramos de tubería a instalar, siendo importante mencionar que se encuentran sobre vialidades existentes:

Tabla 8. Tubería a instalar

Tubería a instalar (Sectorización)		
Diámetro de tubería (")	Longitud (m)	Localización
2"	184.55	Camino a San Antonio y Nextlapan

Tubería a instalar (Sectorización)		
Diámetro de tubería (")	Longitud (m)	Localización
2"	22.01	Av. Juárez y Calle Niños Héroes
2"	29.13	Calle Ameles y Av. Pemex
2"	20.44	Av. Pemex y calle Venustiano Carranza
2"	7947.03	Hacia San Agustín
2"	40.86	Calle San Francisco
3"	648.32	Camino a Montecristo
3"	1856.43	Hacia San Agustín
4"	58.98	Av. Juárez y Calle Niños Héroes
4"	10.60	Calle Abraham y Rubén González
4"	267.38	Calle Tepeyac y Pedrera
4"	21.82	Av. Juárez y Diagonal 5 de mayo
4"	505.58	Camino a Duraznotla
4"	521.59	Hacia Tanque Unidad Deportiva
4"	2554.07	Hacia San Agustín
4"	160.36	Calle Duraznotla y Priv. Duraznotla
6"	15.89	Calle Aztecas y Venustiano Carranza
6"	18.79	Av. Pemex y calle Venustiano Carranza
6"	380.53	Camino a San Antonio
6"	5.28	Hacia San Agustín
6"	8.61	Calle Juárez e Hidalgo
10"	71.99	Calle González Ortega y De la Rivera
14"	470.94	Av. Juárez y Calle Niños Héroes
14"	16	Diagonal 5 de mayo y calle 5 de mayo
TOTAL	15837.18	

II.1.4. Inversión requerida

La inversión total para el desarrollo del proyecto es de \$59'595,723.30 (Cincuenta y nueve millones quinientos noventa y cinco mil, setecientos veintitrés pesos con treinta centavos) que a la paridad establecida por el Banco de México a fecha de 12 de agosto de 2020 es de \$2.666.988.42 usd. Esta inversión se realiza por parte del Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Xicotepec (SOSAPAX). Siendo importante señalar que dentro del presupuesto señalado se encuentra considerado un diez por ciento para el cumplimiento de las medidas de mitigación es decir \$5,959,572.30 (Cinco millones, novecientos cincuenta y nueve mil quinientos setenta y dos pesos con treinta centavos).

II.2. Características particulares del proyecto

Obra de captación en el manantial Arroyo Hondo

La obra de captación consistirá en construir un muro de mampostería (material extraído en el sitio), los muros tendrán como colindancia los taludes naturales que confinan el manantial.

Ilustración 1 Sistema de caja de captación

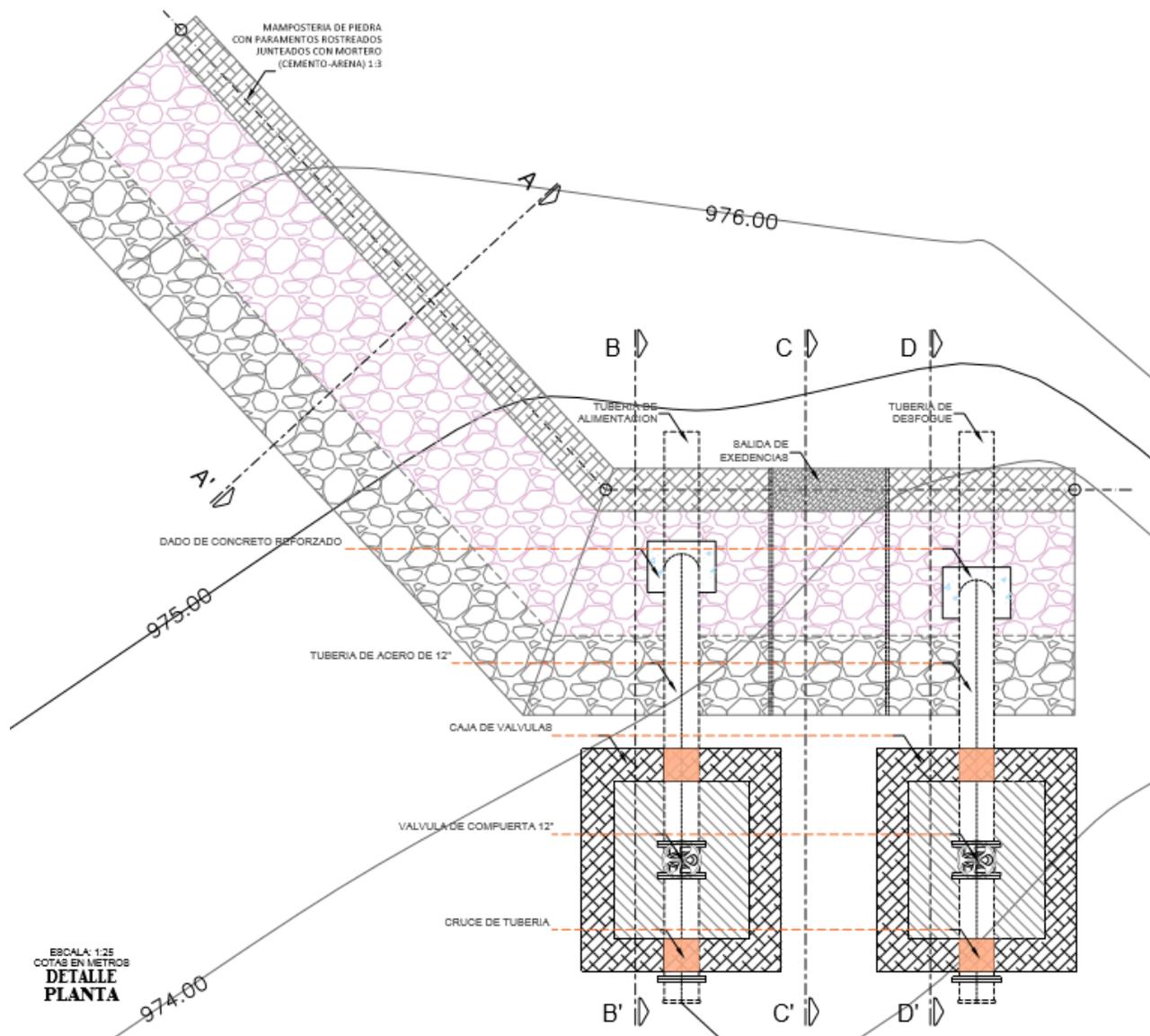
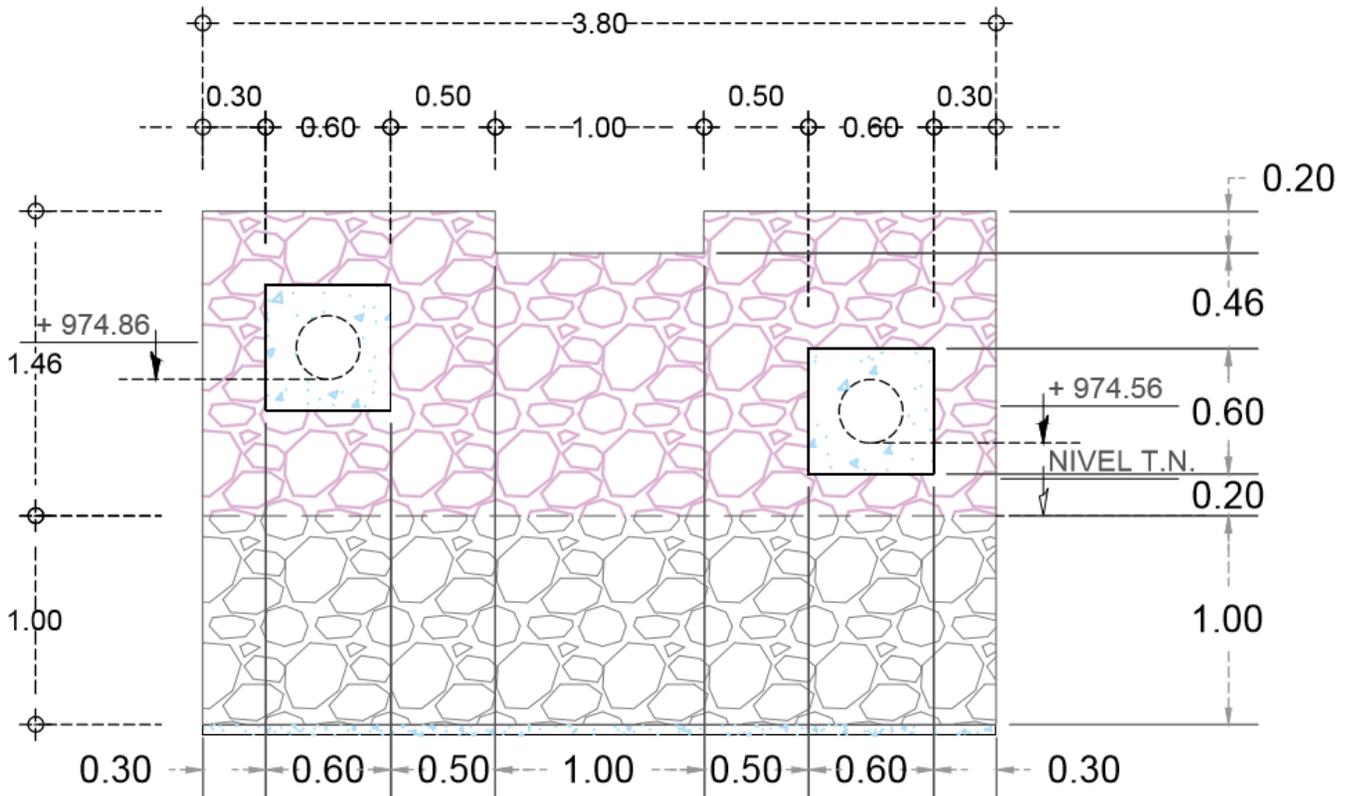


Ilustración 2 Corte frontal de tomas de agua



El diseño geométrico de la obra de toma en cuenta la conservación de las condiciones naturales del afloramiento, evitando excavaciones, movimientos de tierra, rellenos, carga hidrostática que pudieran afectar el flujo natural y original del agua.

Con el fin de dar mantenimiento y limpieza al área interior del manantial, se coloca una válvula de desagüe para el vaciado de la misma. Por ser un afloramiento horizontal se considera una de toma directa y se construirá en el mismo lugar de su afloramiento.

Las tuberías tanto de la toma, como de desagüe tendrán un diámetro de 12" y el tramo que atraviesa el muro será encofrado en concreto, asimismo la corona del muro de mampostería a construir tendrá un vertedor rectangular cuya capacidad está en 100 lps por arriba del gasto aforado del manantial.

En esta estructura, las acciones que se presentan son el peso propio, la presión hidrostática sobre las paredes de los muros, y la carga viva sobre la cubierta. Para el análisis y diseño se seguirán las recomendaciones que se dan en los libros Estudios técnicos I y II del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la CONAGUA.

Línea de conducción

El proyecto consiste en el diseño de un tramo (1,000 m) de la conducción por gravedad hasta un rebombeo el cual tendrá la capacidad de 250 m³, de éste se procederá a la conducción mediante bombeo, mediante una tubería con una longitud de 10,563.36 m, que conducirá el agua hacia el tanque de distribución con capacidad de 1,000 m³.

Se conducirá un caudal total de 80.45 lps que es el caudal aforado en el manantial, con objeto de no sobredimensionar la línea de conducción.

Se determinó el diámetro más económico para la selección del diámetro de la tubería, en el que se toman en cuenta los costos de suministro, instalación y operación anualizada del sistema, así como el de los dispositivos de alivio para atenuar los efectos causados por el flujo transitorio. A manera de resumen se presentan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 9. Coste de operación de proyecto con diferentes diámetros

Diámetro nominal		Carga anual de bombeo \$	Costo total de conducción \$	Costo anual de amortización	Costo anual de bombeo operación 365 días
mm	pulg.				
203.20	8 "	9,557,783.72	\$ 20,120,668.10	\$ 3,561,039.63	\$ 13,118,823.34
254.00	10 "	6,476,348.90	\$ 27,288,144.55	\$ 4,829,569.45	\$ 11,305,918.35
304.80	12 "	5,562,743.59	\$ 29,698,233.26	\$ 5,256,116.99	\$ 10,818,860.58
355.60	14 "	5,237,406.90	\$ 35,844,540.51	\$ 6,343,916.04	\$ 11,581,322.94
406.40	16 "	5,109,036.82	\$ 45,117,614.68	\$ 7,985,103.32	\$ 13,094,140.14

Para el cálculo de la línea de conducción y red de distribución se utilizaron las ecuaciones de continuidad y conservación de la energía, así como la fórmula de Darcy,

recomendada por la CONAGUA para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías cerradas a presión. (Ver plano en el anexo de cálculos)

Es importante destacar que se realizaran 5 cruces con tubería de Pemex, los cuales estarán ubicados en:

Cruce No. 1 Km 5+314.28

Cruce No. 2 Km 6+216.94

Cruce No. 3 Km 7+114.85

Cruce No. 4 Km 8+670.02

Cruce No. 5 Km 11+419.27

En estos cruces se realizará la siguiente configuración de construcción:

Ilustración 3 Sección de cimbra en cruces
TUBERIA AGUA POTABLE
12"Ø Acero Ced-40

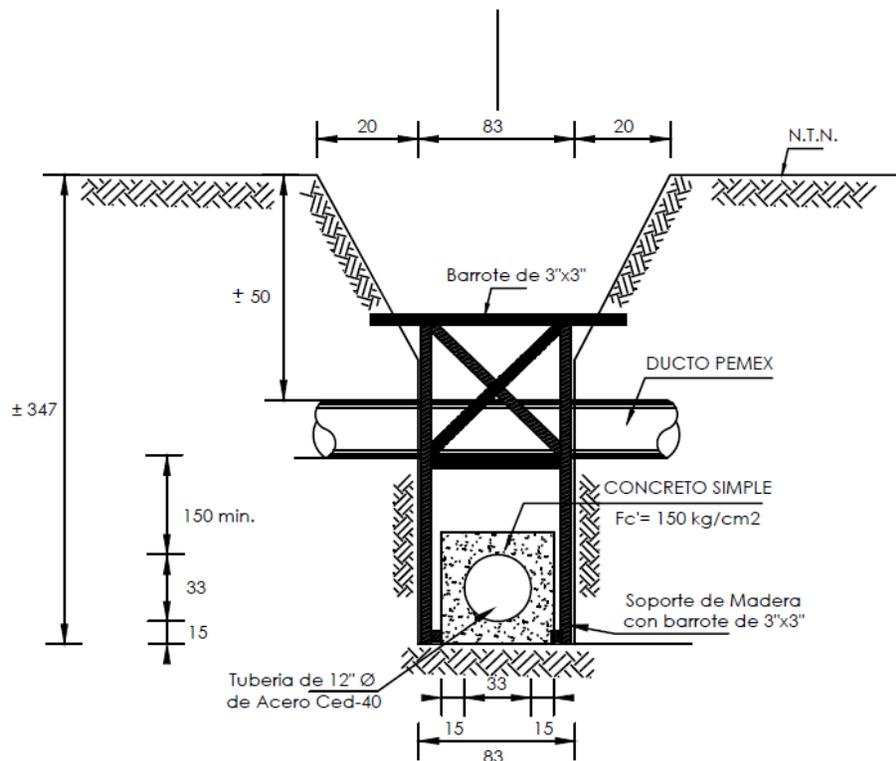
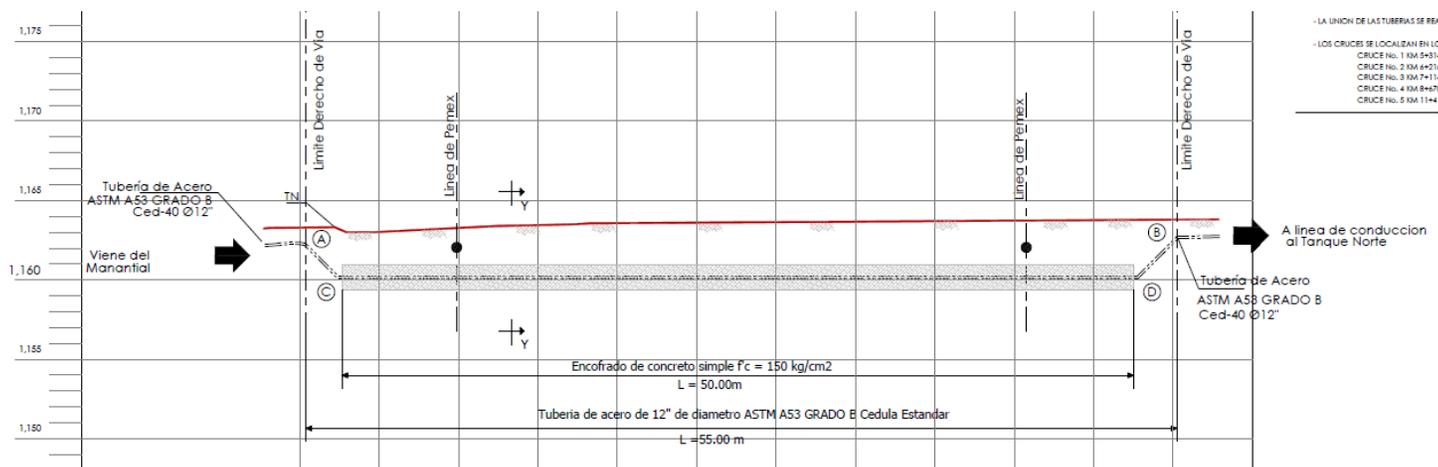


Ilustración 4 Detalle cruce con líneas PEMEX



Cárcamo de Rebombeo

Se diseñó un cárcamo de bombeo para alojar los equipos que elevarán el agua al tanque Norte, la ubicación del cárcamo corresponde con el punto hasta donde es posible aprovechar la alimentación por gravedad desde el arroyo Hondo, en el dimensionamiento se consideró que el tanque Norte es el que regulará las variaciones en el suministro de agua a la población por lo que el cárcamo tendrá un tiempo de retención de 30 minutos solo para evitar arranques y paros frecuentes de los equipos de bombeo en caso de fluctuaciones en el caudal de agua que llega del arroyo Hondo por lo que el volumen de diseño es de 160 m³.

La geometría del cárcamo en planta es rectangular con abocinamiento de los muros al ingreso del agua y una zona de transición entre la llegada y el sumidero, los equipos de bombeo deberán operar en todo momento sumergidos, por lo que el sumidero tiene la profundidad para alojar todo el cuerpo del conjunto bomba – motor, por otra parte, el control eléctrico contará con electrodos de nivel que pararán de forma automática en caso de que el nivel de agua descienda al mínimo.

Debido a que el requerimiento de agua por parte de la población se irá incrementando gradualmente con el paso del tiempo, la modulación de los equipos de bombeo permitirá operar con uno, dos o hasta 3 equipos de 26.66 l.p.s. de manera simultánea aportando en conjunto 80 l.p.s., el equipamiento cuenta con un conjunto bomba – motor – arrancador de reserva por lo que el arreglo es 3 + 1, la presión a la descarga de las bombas es de 303 m.c.a requiriendo un motor de 180 HP.

Respecto al control eléctrico se ha previsto utilizar arrancadores suaves con una rampa de apagado para mitigar el golpe de ariete al paro de los equipos y un transductor de presión que apague automáticamente los equipos de manera secuencial en caso de que la presión en la descarga supere los 310 m.c.a.

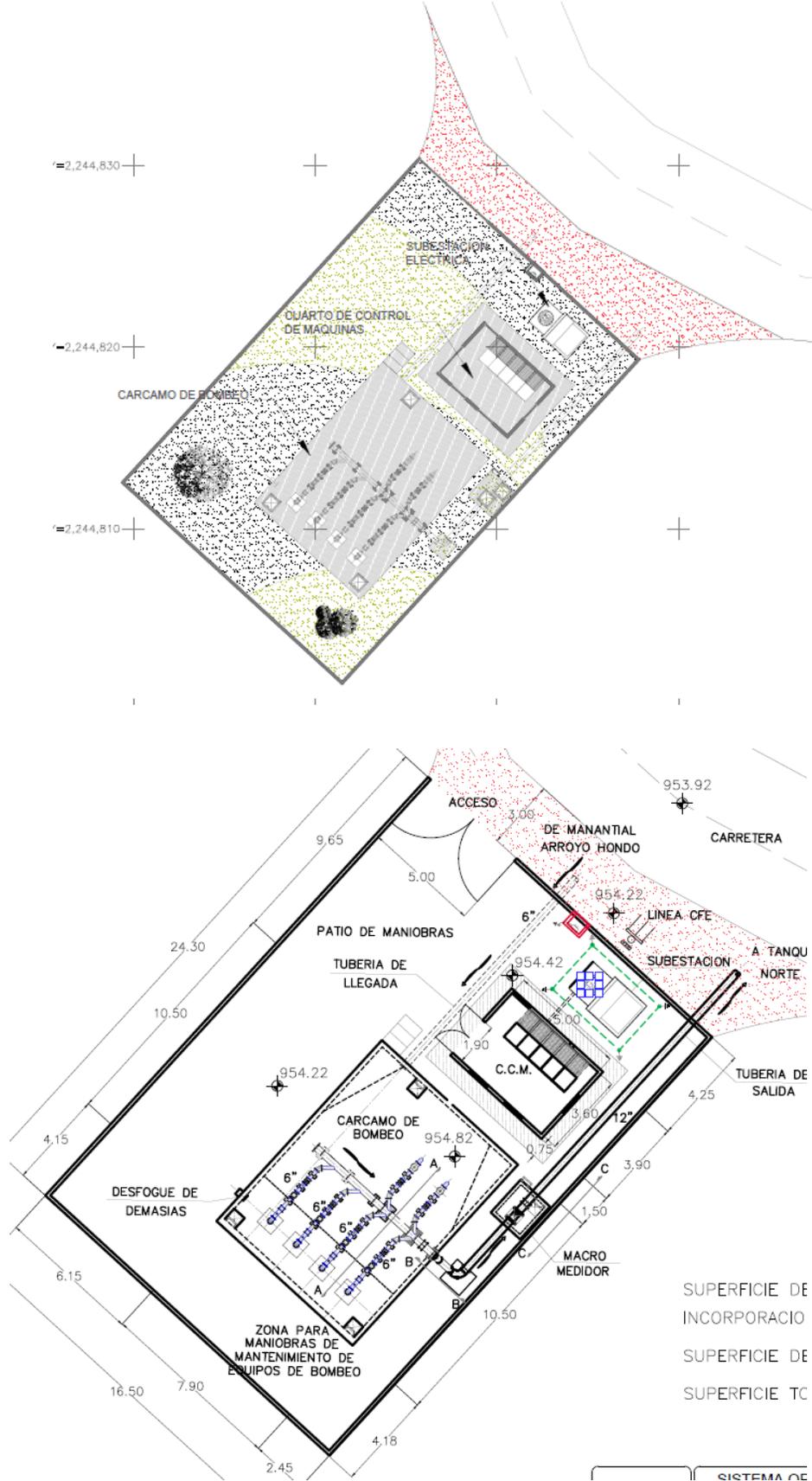
Las válvulas de alivio de sobrepresión abrirán automáticamente cuando la sobrepresión sea superior a los 350 m.c.a. Tanto la presión de apagado con el transductor como la apertura de las válvulas de alivio son regulables en campo.

La capacidad de la subestación eléctrica es de 500 KVA adecuada para la operación de hasta 3 motores proponiendo una subestación tipo pedestal, sin embargo, esto puede modificarse de acuerdo con las bases de diseño que emita la CFE al solicitar el servicio por lo que es necesario realizar este trámite antes de la compra del transformador.

El centro de control de motores contará con un PLC que concentrará las señales de nivel, presión y número de equipos en operación y actuará de acuerdo a su programación. También contará con un medidor de parámetros de energía (power meter) a fin de llevar un registro de la energía consumida.

Finalmente se ha previsto la instalación de un macromedidor de 12” de diámetro en la línea de salida para registrar los volúmenes de agua bombeados.

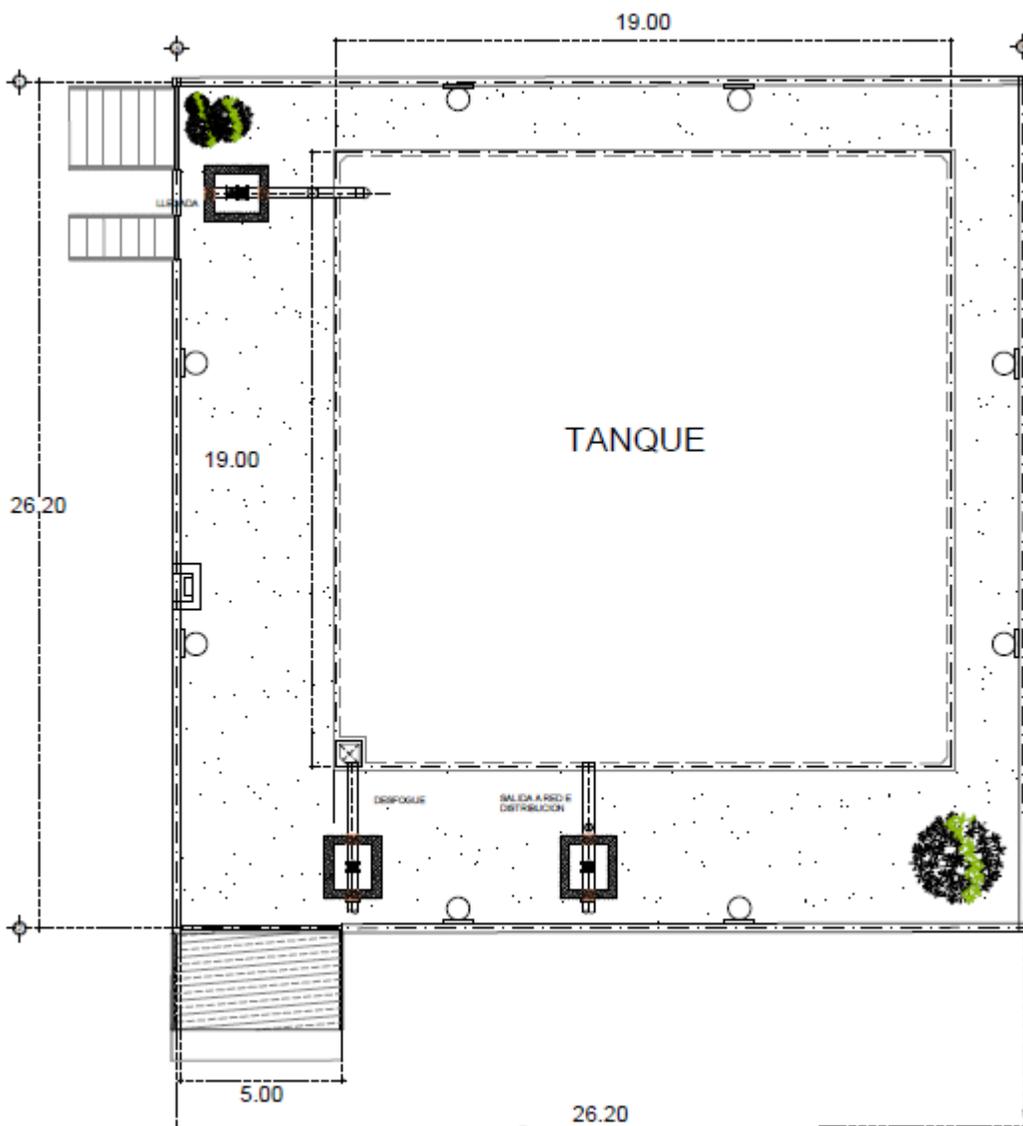
Ilustración 5 Detalles de áreas de cárcamo de bombeo



Tanque de almacenamiento de 1,000 m³

Tanque de almacenamiento superficial con dimensiones de su base de (19.20 m x 19.20 m) y 3.85 m de altura. El líquido contenido es agua con dimensiones de (18.8 m x 18.80 m x 2.90 m) teniendo así que la capacidad de líquido contenido es del orden de 1,000 m³, ubicado en la elevación 1218. En las coordenadas geográficas: Latitud 20.289221°N y Longitud 97.955142° W

Ilustración 6 Planta de conjunto de tanque de almacenamiento



Sectorización de la Red de Agua Potable.

El término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados. Aún más, puede conducirse el agua por la red primaria, sin exceso de conexiones con la secundaria, desde la fuente de alimentación hasta los puntos más lejanos.

Distrito hidrométrico es un sector hidrométrico o bien un sector, que en otras palabras es una sección de la red de distribución de agua potable, perfectamente delimitada por medio de válvulas de seccionamiento, adecuadamente instrumentada para aforar el caudal de entrada, para medir y controlar la presión de operación, a fin de brindar la misma calidad de servicio de suministro a la totalidad de los usuarios de la red.

Debe contarse con la información completa del sistema de distribución (catastro), y la forma de operación real, a fin de estar en posibilidades de utilizar un software o modelo numérico que permita simular el funcionamiento hidráulico del sistema.

Es necesario llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en la Cabecera Municipal de Xicotepec, tanto por su tamaño, como por su operación actual. De este modo, destacan dos características principales de la red: funciona con diversos niveles de presión a lo largo de la red, en el transcurso del día y de la noche y están formadas por una exagerada cantidad de circuitos cerrados, lo que en el medio se conoce como «fuertemente mallada».

Los criterios a seguir para llevar a cabo la división en sectores, parten de la infraestructura existente y de las diferentes zonas de presión en operación normal antes de

iniciarse el proceso, de lo que resulta una primera propuesta de sectorización, y las adecuaciones que siguen, pueden realizarse atendiendo las siguientes recomendaciones:

1) Se ajustó a la geometría de la red, sobre todo a la adaptación de las condiciones de operación actuales y la facilidad de contar con un punto de suministro por sector, aunque siempre será prudente contar con una alimentación de respaldo, aunque ésta se mantenga cerrada y sólo se utilice en contingencias.

2) En la simulación hidráulica se minimizó las variaciones de presión de servicio al interior del sector; esto es, mantener una cierta uniformidad de presiones entre los 10 y 50 mca, correspondientes a la dinámica mínima y estática máxima, respectivamente.

3) Se verificó las velocidades del agua, las que podrán estar comprendidas entre 0.6 y 2.0 m/s.

Algunos de los problemas más comunes en la delimitación de los sectores, se refieren a la caída de la presión en algunos puntos, la presencia de altas velocidades y la elevación de la presión durante las horas de menor consumo. Para reducir este tipo de inconvenientes se consideraron al menos dos puntos de alimentación y se incluyeron la instalación de dispositivos reductores de presión, y en algunos casos fue necesaria la construcción de líneas de interconexión adicionales. La sugerencia se basa en la separación de la red primaria y la secundaria, de modo que no decaiga la presión interna de la conducción principal.

Probado y elegido el esquema de sectorización, se procedió entonces a la selección de los elementos de control, que son los medios para operar el sistema, para aislar alguna zona de la red, reducir o mantener la presión del agua y/o permitir el flujo entre sectores.

Algunas recomendaciones complementarias, que se buscaron para contar con un sistema de distribución confiable, son las siguientes:

- Mantener interconexiones entre sectores y entre fuentes de suministro, con válvulas cerradas, de modo que puedan derivarse caudales en casos extraordinarios.
- Verificar la capacidad de conducción de las líneas principales, considerando las situaciones de emergencia en las que deban alimentar a otros sectores

Finalmente, la selección del esquema de sectorización propuesto es el que se adaptó mejor a las necesidades propias del sistema de distribución, pero ante todo, se evaluó el costo en la construcción de nuevas líneas de conducción y tanques de regulación, cortes, instalación de válvulas, etc.

En términos generales, la sectorización propuesta de la red de abastecimiento de agua potable de Xicoteppec, puede ser considerada como el procedimiento encaminado a establecer una alimentación controlada (que puede ser exclusiva del sector o compartida por varios sectores al mismo tiempo).

Tal procedimiento puede perseguir objetivos que van desde el Control Activo de Fugas hasta el control de la calidad del agua. En cualquier caso, el contar con una red sectorizada, permite detectar con mayor facilidad cualquier anomalía que ocurra en un punto de la red, debido a la reducción dimensional implícita en la sectorización misma.

El objetivo principal para la creación de sector en Xicoteppec, es obtener la información necesaria distribuida y manejablemente escalada para llevar acciones claves en cada sector, tales como:

- Realizar auditorías para conocer el rendimiento hidráulico o el Agua No Contabilizada.
- Caracterizar la curva de demanda, especialmente el caudal nocturno.
- Detectar de la manera más rápida posibles fugas mediante el análisis de la evolución de los caudales mínimos nocturnos.

- Comprobar rápidamente los resultados de campañas rápidas de detección y reparación de fugas.
- Detectar el fraude, sub-registro, y diversos errores de medición.
- Disminuir los costos de mantenimiento.

La sectorización podría ser considerada también un primer paso para contrarrestar las situaciones de suministro intermitente, en vista que facilitan la detección y reparación de las fugas más importantes

El presente trabajo está orientado exclusivamente al estudio de sectores en los que únicamente se controla el caudal y que, además, son alimentados por dos fuentes; así se definirá subáreas de un sector con una única entrada que no son alimentadas por una fuente exclusiva, sino a través de una red primaria; el término sectores-aislado definirá subzonas de abastecimiento, y el término sectorización será empleado para definir la “partición” o subdivisión en sectores

Para abordar el tema relativo al diseño de sectores, es de suma importancia tener en cuenta la naturaleza de la red existente, ya que derivado a su crecimiento, más que responder a un proceso de planificación, es un reflejo de la subsanación de problemas locales y en el corto plazo, asociados al crecimiento de la población, o visto desde el punto de vista de la demanda, son la consecuencia de años de respuestas a un aumento de la demanda.

Se anexa plano con detalle de la sectorización planeada en el municipio.

II.2.1. Programa de trabajo

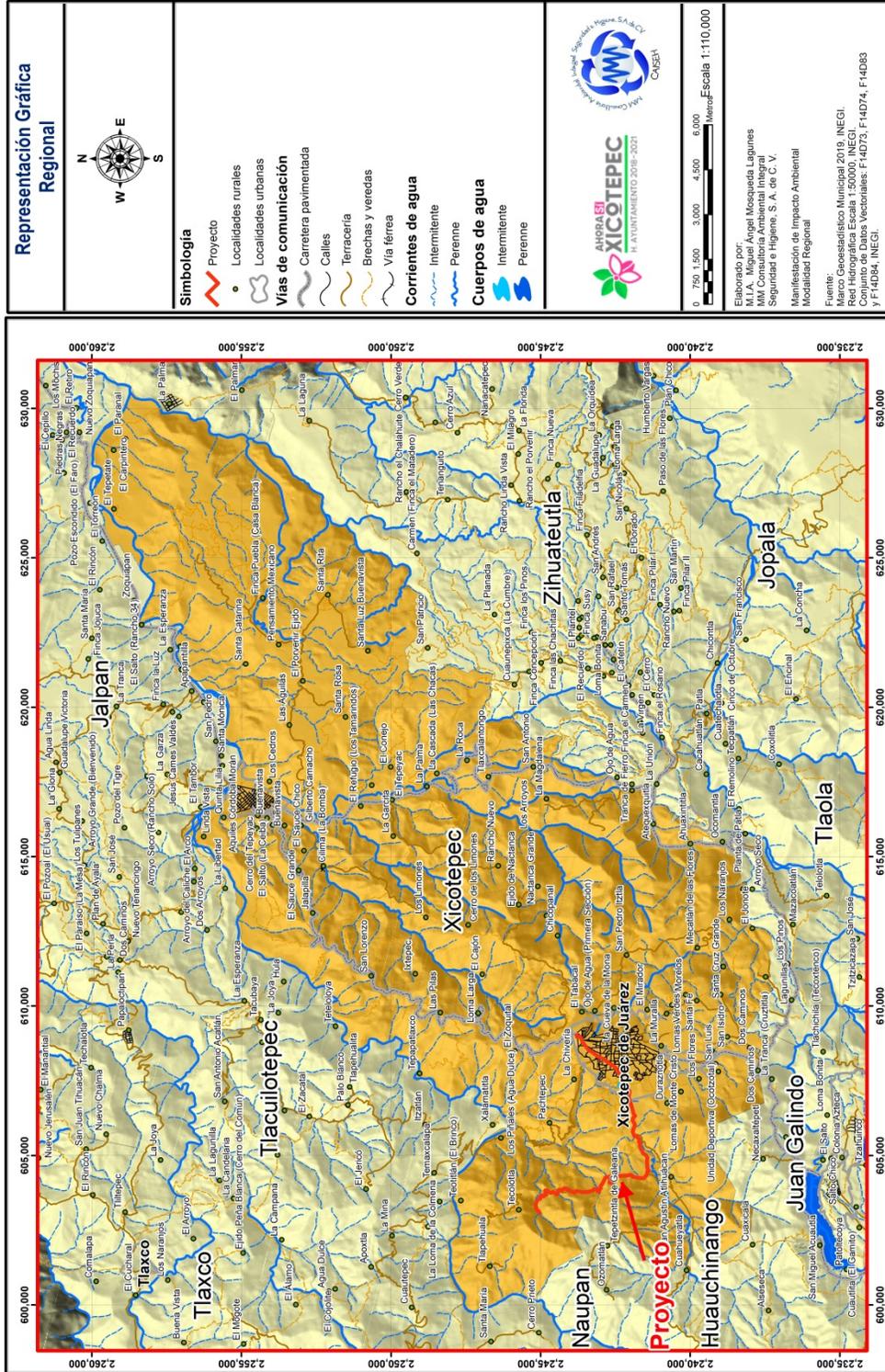
Como se ha señalado el proyecto tendrá una duración de seis meses, la programación de dichas acciones se muestran a continuación.

Tabla 10. Programa de trabajo

Concepto	Duración	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Nueva Obra de Captación	(Meses)						
Caja Captadora (Arroyo Hondo)	2						
Suministro e instalación de línea de conducción de 12" de diámetro (11.6 Km)	4						
Cruces con tubería de Pemex (Cinco)	3						
Tanque de regularización de 1,000 m ³ (Fontanería)	2						
Tanque de regularización de 1,000 m ³ (Estructural)	2						
Tanque de regularización de 1,000 m ³ (Bardas, acceso, puertas)	1						
Cárcamo de bombeo de 214 m ³ (Estructural, bardas, caseta y obras accesorias)	2						
Equipamiento mecánico y fontanería del rebombeo	3						
Equipamiento eléctrico de la Estación de bombeo	2						
Ampliación de red en media tensión (CFE) (*)	2						
Sectorización de la Red de Agua Potable							
Zona San Isidro	1						
Zona San Antonio	1						
Zona Unidad Deportiva	1						
Zona Surponiente	3						
Zona Suroriente	1						
Zona Norponiente	3						
Zona Nororiente	3						
Zona El Tabacal	1						
Ampliación de Red							
San Agustín	3						

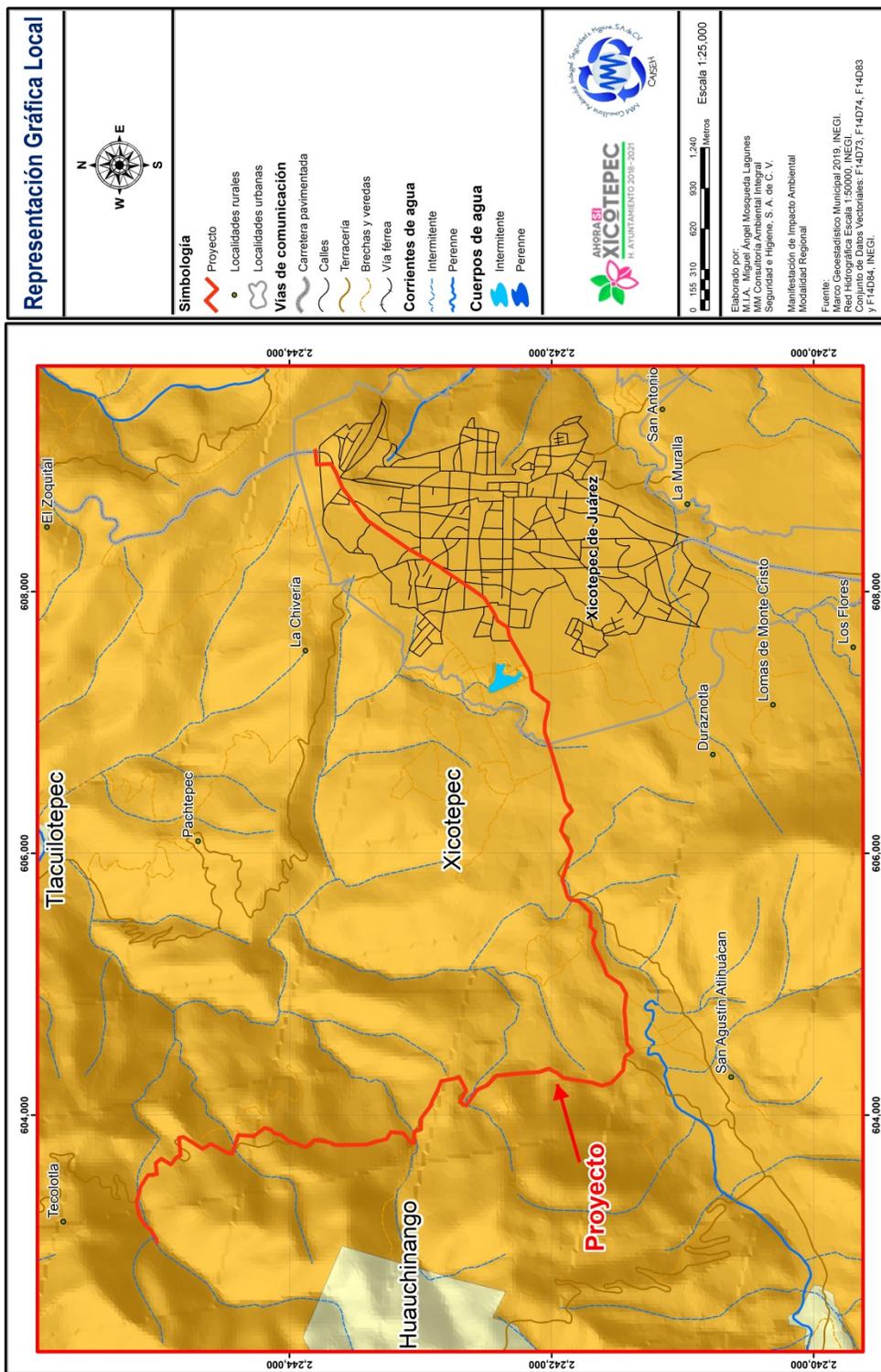
II.2.2 Representación gráfica regional

Carta 4. Representación gráfica regional



II.2.3 Representación gráfica local

Carta 5. Representación gráfica local



II.2.4 Preparación del sitio y construcción

Estas etapas serán realizadas tomando como base los diferentes Manuales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Alcantarillado Sanitario emitidos por la Comisión Nacional del Agua, a continuación se mencionan de forma resumida los conceptos generales de construcción.

Durante la preparación del sitio será necesario realizar las siguientes acciones:

- **Limpieza y trazo del proyecto**

Es importante mencionar que la parte del proyecto de sectorización y ampliación de red se encuentra sobre zonas pavimentadas, siendo que estas zonas cuentan con sistema solo será necesario marcar los sitios donde serán colocadas las cajas.

En el caso de las demás obras, estas se encuentran en zonas con suelo sin pavimentar, por lo que dependiendo de la construcción a realizar se llevará a cabo una limpieza para retirar maleza, posteriormente se utilizará cal y/o marcas mediante estacas en sitios de visibilidad notable para que sirvan como guía de trazo, así mismo durante el proceso se contará con personal especializado para dictar coordenadas.

- **Excavación y compactación**

Sectorización y ampliación

En esta zona se realizará corte sobre vialidades existentes para posteriormente continuar con la excavación mediante uso de maquinaria, máquina y de forma manual hasta alcanzar los niveles indicados que van desde los 0 m hasta los 6 m dependiendo de zona, donde se utilizará parte del material excavado además de material pétreo proveniente de banco autorizado para realizar la compactación.

Nuevas obras de captación

Caja captadora:

Se realizará la excavación del sitio para la colocación de la mampostería así como plantilla de concreto, dicha excavación será realizada mediante el uso de maquinaria, máquina y de forma manual de acuerdo a requerimientos del terreno, es importante aclarar que la excavación será acorde a lo indicado en planos constructivos, posterior a esta excavación se realizará la compactación utilizando solo material producto de la excavación hasta el nivel indicado por constructor.

Línea de conducción

Se realizará la excavación del sitio mediante el uso de maquinaria, máquina y de forma manual de acuerdo a requerimientos del terreno, es importante aclarar que la excavación será acorde a lo indicado en planos constructivos siendo la profundidad máxima de 2 m, posterior a esta excavación se realizará la compactación utilizando material proveniente de banco autorizado para realizar la compactación.

Cruces con tuberías PEMEX

Se realizará la excavación del sitio mediante el uso de maquinaria, máquina y de forma manual dependiendo de la cercanía con la zona de cruce con tubería PEMEX, dichas excavaciones pueden ser entre 2 a 6 m de profundidad de acuerdo a requerimientos del terreno, posterior a esta excavación se realizará la compactación utilizando material producto de la excavación.

Tanque de regularización

Debido a las condiciones de terreno y características previstas se realizará la excavación para una cimentación de concreto reforzado mediante un desplante con una profundidad de 3.25m, este desplante se realizará mediante el uso de maquinaria, máquina y de forma manual, posterior a la excavación se realizará la compactación conforme a proctor recomendado, usando material producto de la excavación.

Cárcamo de bombeo

Debido a las condiciones de terreno y características previstas del cárcamo se realizará la excavación para una cimentación de concreto reforzado mediante un desplante con profundidad máxima de 7.77m, este desplante se realizará mediante el uso de maquinaria, máquina y de forma manual, posterior a la excavación se realizará la compactación conforme a proctor recomendado, usando material producto de la excavación.

- **Cimbrado, colado, construcción y/o instalación**

Sectorización y ampliación

En esta zona se realizará la instalación de tubería hidráulica de PVC, su posterior acostillado y relleno completo, en el caso de las cajas de regulación se realizará su cimbrado, colado y conexión para su posterior colocación de tapa, en ambos casos cuando sea aplicable se contempla la colocación de asfalto o concreto hidráulico dependiendo del material anteriormente ubicado en el sitio.

Nuevas obras de captación

Caja captadora:

Se realizará la colocación de la mampostería así como el cimbrado y colado de la plantilla de concreto, también se considera la instalación de marcos y contramarcos así como de las cajas reguladoras, finalmente se realizarán las conexiones con el inicio de la línea de conducción así como la instalación de las válvulas correspondientes

Línea de conducción

Se realizará la instalación de tubería de acero de 12" de diámetro, a la que se le aplicará una protección anticorrosiva, posterior a esto se realizará el acostillado y relleno correspondiente; también se considera la construcción de cajas de concreto armado coladas

en sitio para la operación de válvulas durante el trayecto de la línea así como de tapas y válvulas.

Cruces con tuberías PEMEX

Se realizará la instalación de tubería de acero de 12” de diámetro, a la que se le aplicará una protección anticorrosiva, posterior a esto se realizará el acostillado y relleno correspondiente.

Tanque de regularización

Se realizará el cimbrado de cimentaciones, colado con concreto, construcción de muros, colado de trabes y columnas así como colocación de impermeabilizante, tapa, y equipo de válvulas para control.

Cárcamo de bombeo

Se realizará el cimbrado de cimentaciones, colado con concreto, construcción de muros, colado de trabes y columnas tanto para el cárcamo como para el cuarto de máquinas y la zona de subestación, colocación de impermeabilizante, tapa, y equipo de válvulas para control.

II.2.5 Operación y mantenimiento

Sectorización y ampliación

El proyecto funcionará mediante el control del sistema operador, quienes regularán en todo momento y conforme a requerimientos la distribución del agua potable en la población mediante la apertura y cierre de las diferentes válvulas, es importante recalcar que parte del objetivo del proyecto es ayudar a generar una mejor distribución de agua potable así como evitar desperdicios debidos a fugas o accidentes.

Nuevas obras de captación

Caja captadora:

La caja reguladora operará mediante el desvío de agua del Manantial Arroyo Hondo, debido a la existencia de las cajas reguladoras, se podrá en determinado momento detener este desvío o realizar mantenimientos en la zona si necesidad de realizar mayores afectaciones en los alrededores

Línea de conducción

La línea de conducción funcionará mediante el uso de la fuerza de gravedad desde la caja hasta el cárcamo de bombeo, es importante mencionar que debido a la existencia de cajas y válvulas reguladoras se podrá realizar cualquier mantenimiento o cierre en caso de contingencia evitando el riesgo de desperdicio de agua potable.

Cruces con tuberías PEMEX

Estos cruces garantizarán que no exista una alteración tanto en las líneas de PEMEX como contaminación del agua potable.

Tanque de regularización

El tanque funcionará como sitio de almacenamiento de hasta 1,000m³ de agua, a partir de este sistema por gravedad podrá ser distribuido al sistema de distribución de agua potable, debido a la existencia de este tanque es posible evitar una sobreexplotación del manantial debido a la capacidad de almacenamiento, también previene el riesgo de fuga y desperdicio de agua potable.

Cárcamo de bombeo

El cárcamo de proyecto funcionara mediante bombas que enviarán el agua desde una zona baja hacia el tanque de almacenamiento, debido a la existencia del tanque se evitará un mayor gasto energético que resultaría de tener en todo momento en funcionamiento el sistema de bombeo.

II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones

Debido a la prioridad e importancia del proyecto no se considera exista un desmantelamiento y abandono de las instalaciones, sin embargo en caso de realizarse esta etapa se deberá retirar y disponer los elementos que puedan ser producto de vandalismo, dichos elementos deberán ser manejados conforme a la normativa aplicable. Debido a que las instalaciones se encuentran con una cimentación considerable no se recomienda la demolición de la misma, solo se realizaría un programa de seguimiento con mantenimiento ocasional para evitar el derrumbe de la infraestructura.

II.2.7. Residuos

El tipo, estimación y manejo de los residuos que serán producidos en las diferentes etapas es el siguiente

Tabla 11. Residuos generados

Residuo	Cantidad de generación	Unidad	Etapas	Manejo de residuos
Residuos peligrosos				
Aceite gastado	100	l	Preparación y construcción	Los residuos peligrosos a generar consisten en aceite gastado producto de mantenimientos correctivos, puesto que se prevé que los mantenimientos preventivos se realicen fuera del sitio del proyecto. Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
	100	l/año	Operación y mantenimiento	Los residuos peligrosos a generar consisten en aceite gastado y serán producto de mantenimientos correctivos, Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
Estopas impregnadas	20	kg	Preparación y construcción	Los residuos peligrosos a generar consisten en estopas impregnadas con aceite producto de mantenimientos correctivos, puesto que se prevé que los mantenimientos preventivos se realicen fuera del sitio del proyecto. Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
	10	Kg/año	Operación y	Los residuos peligrosos a generar consisten en estopas impregnadas con aceite producto

Residuo	Cantidad de generación	Unidad	Etapa	Manejo de residuos
			mantenimiento	de mantenimientos correctivos, Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
Recipientes vacíos	30	pzas	Preparación y construcción	Los residuos peligrosos a generar consisten en aceite gastado producto de mantenimientos correctivos, puesto que se prevé que los mantenimientos preventivos se realicen fuera del sitio del proyecto. Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
	25	pzas / años	Operación y mantenimiento	Los residuos peligrosos a generar consisten en aceite gastado y serán producto de mantenimientos correctivos, Se almacenarán en tambos de 200 litros en un almacén de residuos peligrosos, el cual se apegará a los lineamientos prescritos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y su Reglamento. Asimismo, se pondrán a disposición de una empresa autorizada para su recolección, transporte y disposición final.
Residuos de manejo especial				
Residuos producto de desplante, excavación y construcción	4,143.27	m ³	Preparación y construcción	Los residuos serán producto del desplante, excavación y construcción, es importante mencionar que se reutilizará una gran cantidad de estos residuos en la compactación, acostillado y relleno de las excavaciones, debido a la cantidad de residuos generados se deberá contar con un Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial de Residuos de la construcción autorizado por la autoridad estatal, siendo que estos mismos deberán ser trasladados por prestadores de servicio autorizados y depositados en un sitio de disposición final autorizado.
	1	m ³	Operación y mantenimiento	Debido a que las labores de mantenimiento no contemplan trabajos mayores como reconstrucciones no se prevé una generación considerable, por lo que no será necesario contar con un Plan de Manejo.
Residuos sólidos urbanos				
Residuos sólidos urbanos	100	Kg	Preparación y construcción	Los residuos contemplados son los producidos por la actividad de trabajadores consistente en residuos orgánicos, de envolturas y demás inorgánicos, debido a esto se dispondrán de contenedores para realizar la categorización en orgánico/inorgánicos, debido a las condiciones particulares del proyecto, estos residuos serán transportados por el supervisor ambiental hasta un sitio donde se cuente con cobertura de recolección por parte del sistema operador municipal.
Residuos sólidos urbanos	10	Kg	Operación y mantenimiento	Debido a que no es necesaria la existencia de personal en las zonas del proyecto no se contempla la generación de este tipo de residuos, considerando la generación realizada durante las labores de supervisión y mantenimiento, en tal caso los residuos serán llevados hasta un sitio donde se cuente con cobertura de recolección por parte del sistema operador municipal.

II.2.8. Generación de gases de efecto invernadero

Debido a que se ocuparán equipos con motor a base de gasolina y diésel existirá una emisión de gases de efecto invernadero, debido a las características tan específicas de cada maquinaria y vehículos, los gases a producir son vapor de agua (H₂O) y CO₂.

Debido a esto se estima un aproximado de la cantidad emitida a partir de la “Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones” que brinda una aproximación de la emisión de GEI en diferentes unidades:

Tabla 12. Generación de GEI

Nombre del combustible a utilizar	Tipo de combustible	Cantidad necesaria (litros)*	Forma de almacenaje y fuente de abastecimiento	Emisiones GEI (t CO ₂ e)	Emisiones CO ₂ (t CO ₂)	Emisiones CH ₄ (t CH ₄)	Emisiones N ₂ O (t N ₂ O)
Diésel	Líquido	600	Bidones 200 litros	1.71	1.69	0.00	0.00
Gasolina	Líquido	350	Bidones 200 litros	0.85	0.82	0.00	0.00

* Cantidad total estimada por todo el proyecto

Posterior a esto se estimó la cantidad de energía que será disipada, para esta estimación se consideró la lista de combustibles que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo

Tabla 13. Cantidad de energía disipada de todo el proyecto

Nombre del combustible a utilizar	Cantidad necesaria (litros)*	Emisiones GEI (t CO ₂ e)	Emisiones CO ₂ (t CO ₂)	Emisiones CH ₄ (t CH ₄)	Emisiones N ₂ O (t N ₂ O)	PCN Equivalente en BEP por unidad de volumen o masa	(MJ/bl)
Diésel	600	1.71	1.69	0.00	0.00	0.9892	594
Gasolina	350	0.85	0.82	0.00	0.00	0.8370	293

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

III.1. Planes de ordenamiento ecológico del territorio (POET)

Es importante señalar que aún no existe un Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial aprobado que abarque todo el Estado de Puebla, únicamente existe una propuesta para la región del Volcán Popocatepetl y su zona de influencia en el Estado de Puebla, publicada en el Periódico Oficial Estatal de Puebla el 28 de enero de 2005, abarca 3 entidades: Puebla, Estado de México y Morelos y en total delimita 306 Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y 31 Unidades de Gestión Ambiental Regionales (UGAR).

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 7 DE SEPTIEMBRE DEL 2012.

De acuerdo a lo establecido en los artículos Segundo y Tercero, de dicho Programa 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, dentro de sus programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública. Por lo que el proyecto no influye en el mismo, pero si es importante considerar las acciones que se llevarán a cabo en las regiones, para que éstas se encuentren en concordancia con las acciones a emprender por dichas dependencias.

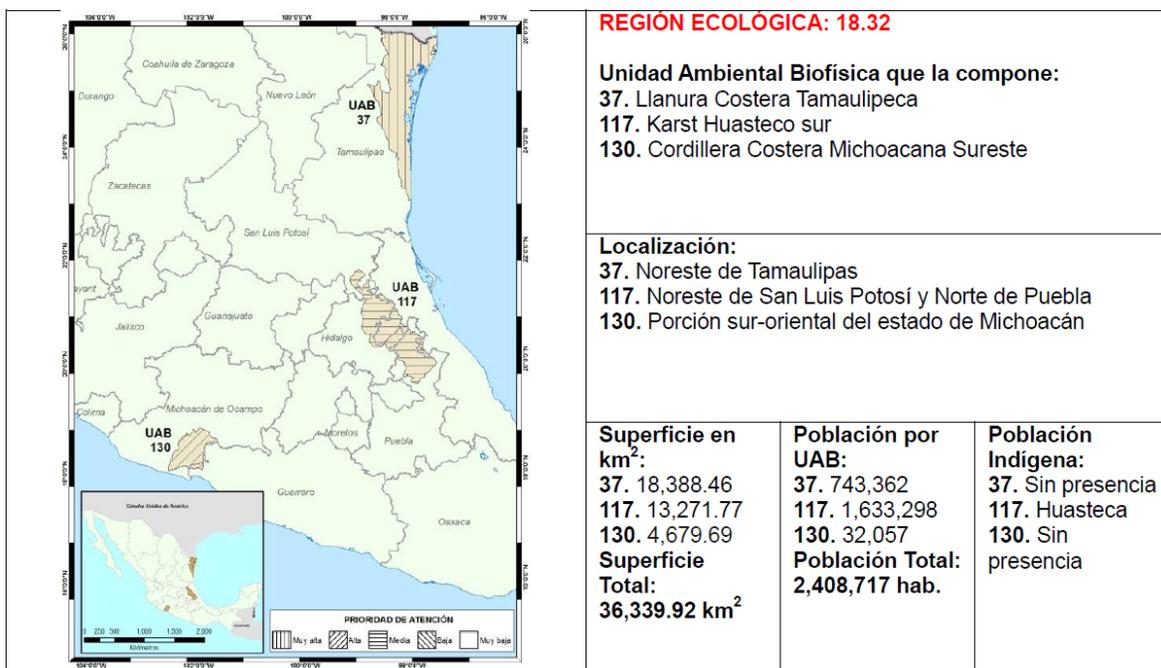
El proyecto se ubica en la región ecológica 18.32. y en la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 117, lo que significa que su Política Ambiental (18) es de Restauración y Aprovechamiento Sustentable, su Eje Rector de Desarrollo (32) es Preservación de Flora y Fauna, su prioridad de atención es Media y la UAB (117) en la que se ubica se denomina Karst Huasteco Sur. Lo anterior se muestra en la siguiente tabla y mapa.

Tabla 14. Descripción de la Unidad Ambiental Biofísica (UAB).

Clave región	UAB	Nombre de la UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política ambiental	Nivel de atención prioritaria	Estrategias
18.32	117	Sierras de Chiconguico	Preservación de Flora y Fauna	Agricultura	Ganadería-Minería-Poblacional	CFE-CENAPRED-Industria-PEMEX - SCT	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	Media	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 18, 19, 20, 27, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Estrategias ecológicas

4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 18, 19, 20, 27, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44



III.2. Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas

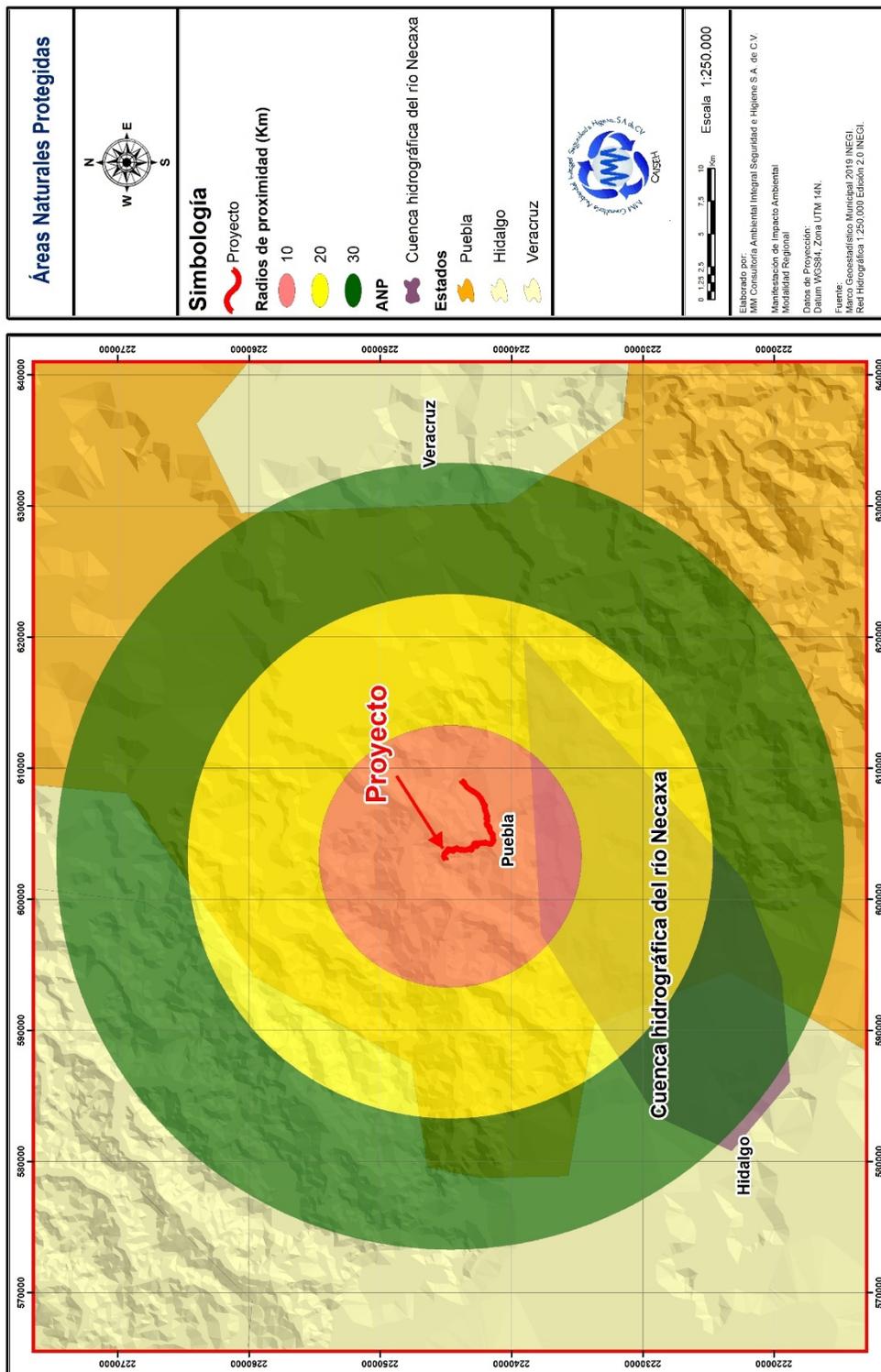
Las Áreas Naturales Protegidas son lugares que preservan los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas, así como los ecosistemas frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos y la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y de los servicios ambientales, de los cuales dependemos y formamos parte los seres humanos. Estos incluyen, el abasto de agua, el control de la erosión, la reducción del riesgo de inundaciones y la captura del bióxido de carbono, entre muchos otros servicios que recibimos de la naturaleza pero que estamos perdiendo al alterarla.

Actualmente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra 182 áreas naturales de carácter federal que representan 90,839,521.55 hectáreas y apoya 354 Destinadas Voluntariamente a la Conservación, con una superficie de 551,206.12 hectáreas.

De la superficie total de Áreas Naturales Protegidas, 21,886,691 hectáreas corresponden a superficie terrestre protegida, lo que representa el 11.14% de la superficie terrestre nacional. En lo que respecta a superficie marina se protegen 69,458,748 hectáreas, lo que corresponde al 22.05% de la superficie marina del territorio nacional.

Con base a lo anterior, se presenta a continuación la siguiente carta, en la cual se observa que la zona de estudio no se encuentra dentro de un Área Natural Protegida, sin embargo, la más cercana se denomina “Cuenca hidrográfica del río Necaxa” y se ubica aproximadamente a 4.5 km al sur.

Carta 7. Distancias del Proyecto a las Áreas Naturales Protegidas



III.3. Planes o programas de desarrollo urbano Municipales (PDU)

No se encontraron lineamientos municipales que dicten la política ambiental en el municipio.

III.4. Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son una herramienta que permite a la autoridad establecer requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas para el aprovechamiento de los recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos. Se considera que durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento existen Normas Oficiales Mexicanas que pueden regular los posibles impactos a ocasionarse, por lo que principales que se emplearán acorde a los casos, serán las siguientes:

Tabla 15. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas

Rubro	Norma	Vinculación
Aire	Norma Oficial Mexicana 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.	Debido a que, en las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto se utilizarán unidades vehiculares para el transporte de materiales, equipo y personal, se deberán cumplir con los límites máximos de emisiones establecidos en dichas normas .
	Norma Oficial Mexicana 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.	
	NOM-167-SEMARNAT-2017. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; los métodos de prueba para la evaluación de dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas.	
Suelo	Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Esta norma no se vincula directamente con el proyecto, sin embargo, en caso de que se presenten pasivos ambientales, se dará revisión y cumplimiento a lo establecido por ésta.

Rubro	Norma	Vinculación
Agua	NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes de las descargas de aguas residuales en aguas y Bienes Nacionales.	No se realizarán descargas a bienes nacionales ni a los sistemas de alcantarillado municipal en la zona del proyecto, considerando que la generación de aguas residuales en las etapas de preparación del sitio y construcción serán de tipo doméstico contando con sanitarios portátiles, los servicios sanitarios serán contratados por una empresa externa y el contratista será responsable de darle un adecuado tratamiento para posteriormente hacer una descarga autorizada.
	NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	
Residuos	Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Se considera que el Proyecto en su etapa de preparación del sitio y construcción genere residuos peligrosos, los cuales se derivarán principalmente del mantenimiento a la maquinaria a emplear como lo son trapos sucios, estopas o envases que puedan contener aceites o lubricantes.
	Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.	No se considera la generación de residuos peligrosos incompatibles entre sí.
	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.	En caso de generar residuos de manejo especial por las diferentes actividades del proyecto, serán verificados con el listado que se menciona en esta norma, los residuos sujetos al Plan de Manejo.
Ruido	NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se hará uso de vehículos que emiten ruido, estos deberán alinearse a los límites máximos permisibles establecidos en esta NOM.

III.5. Leyes

III.5.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Art. 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 al ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos 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:

- I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos.
- II. Industria del petróleo, petroquímica, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica.
- III. Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los Términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Art. 27 Constitucional en Materia Nuclear;
- IV. Instalaciones de tratamiento, confinamiento, o eliminación de residuos peligrosos, así como de residuos radiactivos;
- V. Aprovechamientos forestales de selvas tropicales y especies de difícil regeneración;
- VI. Se deroga.
- VII. Cambios de uso del suelo de **áreas** forestales, así como en selvas y zonas áridas;
- VIII. Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;
- IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;
- X. Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. En el caso de actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias se estará a lo dispuesto por la fracción XII de este artículo;
- XI. Obras y actividades áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;
- XII. Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas; y
- XIII. Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las

disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Art. 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de la 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.

Art. 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en la Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.

Ya que la manifestación de impacto ambiental fue evaluada, la Secretaría emitirá debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente, en la que podrá:

- I. Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados.
- II. Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, la modificación del proyecto o el establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o

III. Negar la autorización solicitada cuando:

- a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables;
- b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, o
- c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate;

Art. 121.- No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el 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.

Art. 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 reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes;
- IV. La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos sobre la salud humana a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionar, y

- 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.

Art. 150.- Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

III.5.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Art. 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

Art. 40.- Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.

Art. 41.- Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en la Ley.

Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera.

En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.

Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.

III.5.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La "Sectorización de la red de distribución de agua potable" es una actividad que no se contrapone a la LGDFS y su Reglamento ya que no se vincula al aprovechamiento de recursos forestales, ni implica remoción de la vegetación forestal.

III.5.4. Ley General de Vida Silvestre

La "Sectorización de la red de distribución de agua potable" no afecta ninguna población humana o de fauna ni se sitúa en algún hábitat crítico. Sin embargo, se sujeta a realizar medidas de prevención y mitigación de impactos en aquellas actividades que

podiesen afectar la fauna silvestre del área, como la circulación de vehículos o los ruidos provocados por estos y/o por maquinaria durante las actividades de preparación y construcción del proyecto.

III.5.5. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) 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.

El Proyecto se sujeta a la responsabilidad ambiental por daños que podiesen ocasionarse en la zona, por lo que se contempla el cumplimiento de las normas oficiales y, en el caso excepcional que se presente un daño ambiental por esta actividad, se procederá a su reparación en los términos que marca la Ley.

III.6. Reglamentos

III.6.1. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental

Art. 5.- Quienes pretendan llevar a cabo obras o actividades mencionadas en los incisos contenidos en el presente artículo, en particular el inciso de interés, A) Hidráulicas, obras de conducción para el abastecimiento de agua nacional que rebasen los 10 kilómetros de longitud, que tengan un gasto de más de quince litros por segundo y cuyo diámetro de conducción exceda de 15 centímetros;

Art. 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.

Art. 10.- Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:

- I. Regional, o
- II. Particular.

Artículo 11.- Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

- IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

III.6.2. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Art. 10. Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que se emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.

III.6.3. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Art. 46.- Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán:

- I. Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;
- II. Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alternativo, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;
- III. Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes;
- IV. Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables;
- V. Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el Artículo 82 del presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley;
- VI. Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable;
- VII. Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley, en este Reglamento y las normas oficiales mexicanas correspondientes;
- VIII. Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos,

IX. Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.

Art. 85.- Quienes presten servicios de recolección y transporte de residuos peligrosos deberán cumplir con lo siguiente:

- I. Verificar que los residuos peligrosos de que se trate estén debidamente etiquetados e identificados y, en su caso, envasados y embalados;
- II. Contar con un plan de contingencias y el equipo necesario para atender cualquier emergencia ocasionada por fugas, derrames o accidentes;
- III. Contar con personal capacitado para la recolección y transporte de residuos peligrosos;
- IV. Solicitar al generador el original del manifiesto correspondiente al volumen de residuos peligrosos que vayan a transportarse, firmarlo y guardar las dos copias que del mismo le corresponden;
- V. Observar las características de compatibilidad para el transporte de los residuos peligrosos.
- VI. Los residuos que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad no podrán ser transportados junto con ningún otro tipo de residuos peligrosos.

III.7. Programa Nacional de Desarrollo Urbano, Estrategia Nacional de Cambio Climático y Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT)

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano (2014 – 2018), fue elaborado como parte del cumplimiento del Programa Nacional de Desarrollo 2013 – 2108, sin embargo este ya no se renovó para la nueva administración 2019 – 2024, sin embargo el presente proyecto se enmarca en los siguientes objetivos:

Objetivo 1. Controlar la expansión de las manchas urbanas y consolidar las ciudades para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Al respecto el proyecto pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Xicoteppec de Juárez, Puebla.

Objetivo 2. Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental

Al mejorar el sistema de distribución de agua potable, el Municipio garantizara la sustentabilidad social, económica y ambiental.

En lo que respecta a la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el proyecto no influirá de manera directa su cumplimiento, así como no se vincula con el mismo. Sin embargo al eficientizar la distribución de agua en el municipio, lograra un mejor aprovechamiento del líquido, beneficiando con ello el cambio climático, ya que las actividades de bombeo y por consiguiente la utilización de energía eléctrica se verán disminuidas.

Por último y respecto Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), al igual que el Programa Nacional de Desarrollo Urbano, no ha sido renovado para el nuevo periodo de Gobierno, sin embargo como en el anterior, el presente proyecto beneficiara a la población y con ello el Sector Ambiental de la Región.

III.8. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética

No aplica para el proyecto

III.9. Convenios y tratados internacionales

El proyecto no se circunscribe en convenios o tratados internacionales.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes).

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes.

Si consideramos las externalidades generadas por distintas actividades humanas constatamos que el papel de cada actividad y, por ende, de cada actor es diferente en relación con su posición en la cuenca (cuenca arriba o aguas arriba o cuenca abajo o aguas abajo). Los movimientos de agua, suelos, nutrientes y contaminantes provenientes de distintas partes de una cuenca crean una conexión física entre poblaciones distantes unas de otras (Swallow, et. Al., 2001).

Las cuencas hidrográficas además de ser unidades funcionales, tener límites bien definidos y salidas puntuales, están estructuradas jerárquicamente, ya que pueden subdividirse en **subcuencas**, delimitadas también por un parteaguas y donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río.

Al interior de cada subcuenca se ubican las **microcuencas**, cuyos límites pueden incluir o no límites administrativos, como los de un ejido o un municipio,

Esta delimitación múltiple expresa el carácter jerárquico y anidado de las cuencas. La elección de los niveles jerárquicos (cuencas, subcuencas o microcuencas) dependerá de los objetivos, del problema o los problemas que se busquen resolver y de los alcances del manejo y gestión.

Además de este tipo de subdivisión y estructura jerárquica, es importante reconocer que el funcionamiento de una cuenca hidrográfica no es el mismo en toda su extensión.

En función de la dinámica hidrológica se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca (Garrido, et. al., 2010):

1. **La zona de captación, de cabecera o cuenca alta.** Son áreas aledañas a la divisoria de aguas o parteaguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca; abarca sistemas de montaña y lomeríos. En esta zona se forman los primeros escurrimientos (arroyos) luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad.

2. **La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media.** Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica diferirán en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca; es un área de transporte y erosión.

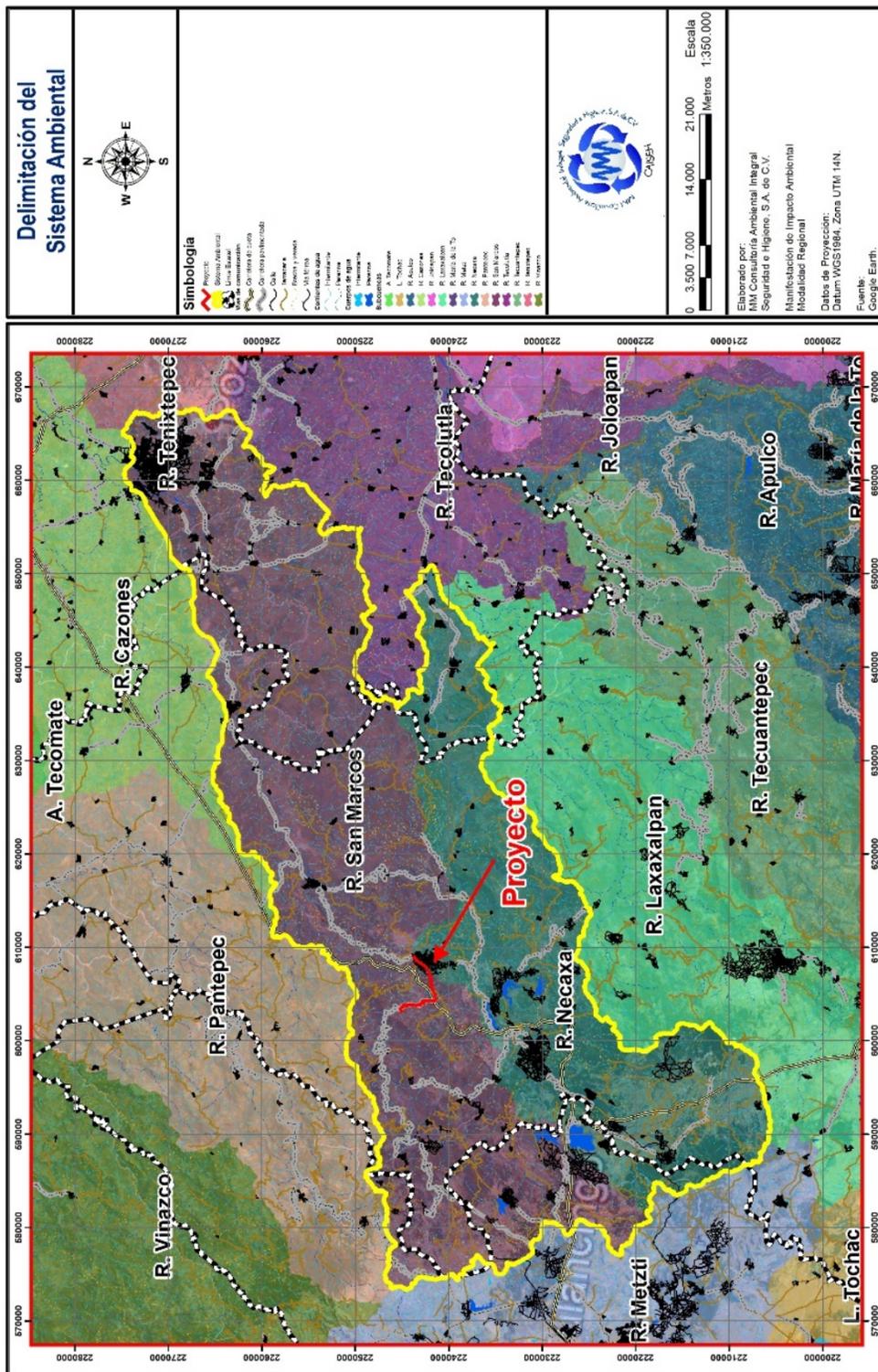
3. La zona de descarga, de emisión o cuenca baja. Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros, además de muy productiva para el uso agrícola y donde se acumulan los impactos de toda la cuenca.

Entonces, la principal fuerza que gobierna lo que sucede naturalmente en una cuenca es la gravedad, todo lo que está cuenca arriba podrá ser arrastrado superficialmente cuenca abajo en algún momento, generando una vinculación clara entre la cuenca alta, la media y la baja.

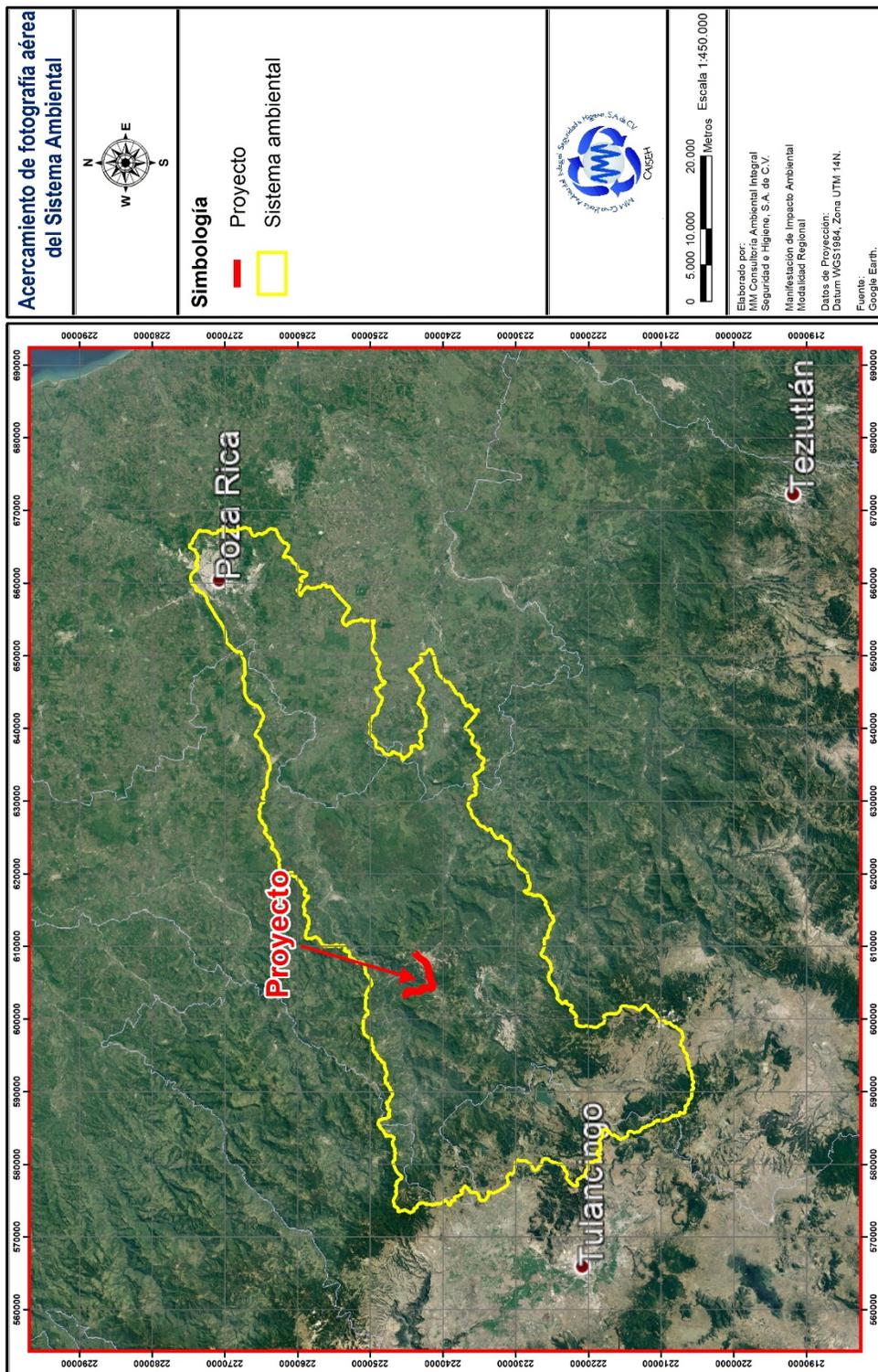
Con base en lo señalado previamente y considerando el alcance e impacto del proyecto en estudio, se llevó a cabo la delimitación del Sistema Ambiental mediante la determinación de las subcuencas hidrográficas, dicha delimitación fue realizada mediante el software **ArcMap 10.2.2.**, fusionando la subcuenca del río San Marcos y la del río Necaxa, el resultado se muestra en las cartas posteriores.

Expuesto lo anterior, se indica que la superficie del Sistema Ambiental es de 2,534,864,117.0391 m² ó 253,486.41 Ha.

Carta 8. Delimitación del Sistema Ambiental



Carta 9. Acercamiento de fotografía aérea del Sistema Ambiental



Área de Influencia

Es importante definir el concepto de Área de Influencia, ya que este no está establecido en la Legislación ambiental vigente ni en las guías ecológicas emitidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por lo que para su comprensión en este estudio se estableció el Área de Influencia en relación con los impactos del proyecto y el alcance espacial de los mismos sobre los componentes socio-ambientales, destacando dos aspectos importantes, las actividades que se desarrollarán en el área del proyecto y la distancia a la cual se van a manifestar sus impactos, el segundo aspecto está en función de la cantidad y el estado de conservación de los recursos naturales que se verán afectados por la realización del proyecto.

Tomando en cuenta lo anterior se estimó un área de influencia de 100 metros a la redonda, esto considerando un punto central de la extensión del proyecto y determinando una distancia que lo englobara completamente, para tener una mayor referencia de los impactos.

Las problemáticas ambientales que se detectan son:

Atmósfera

Para este parámetro se consideró la emisión de contaminantes atmosféricos que se generarán durante las etapas de preparación del sitio y construcción, así como, la emisión de ruido generada durante ambas etapas, calculando que la distancia a la cual llegarán dichos efectos será de por lo menos 100 metros a la redonda.

Residuos sólidos

Dado que los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos generados serán identificados y separados en el sitio del proyecto, se considera que su área de influencia será puntual, es decir, no llegará más allá de la superficie que abarcará el proyecto.

Agua

No se realizarán descargas en la zona del proyecto, considerando que la generación de aguas residuales en las etapas de preparación del sitio y construcción serán de tipo doméstico contando con sanitarios portátiles, los servicios sanitarios serán contratados por una empresa externa y el contratista será responsable de darle un adecuado tratamiento para posteriormente hacer una descarga autorizada.

El abastecimiento que se tenga de agua será por medio de pipas autorizadas para cubrir las necesidades de los trabajadores (baños portátiles) durante las actividades y para efectuar los riegos de auxilio (evitando que las partículas se dispersen en la atmósfera).

Para el consumo de agua de los trabajadores se comprarán garrafones a razón de 3 litros por persona diarios.

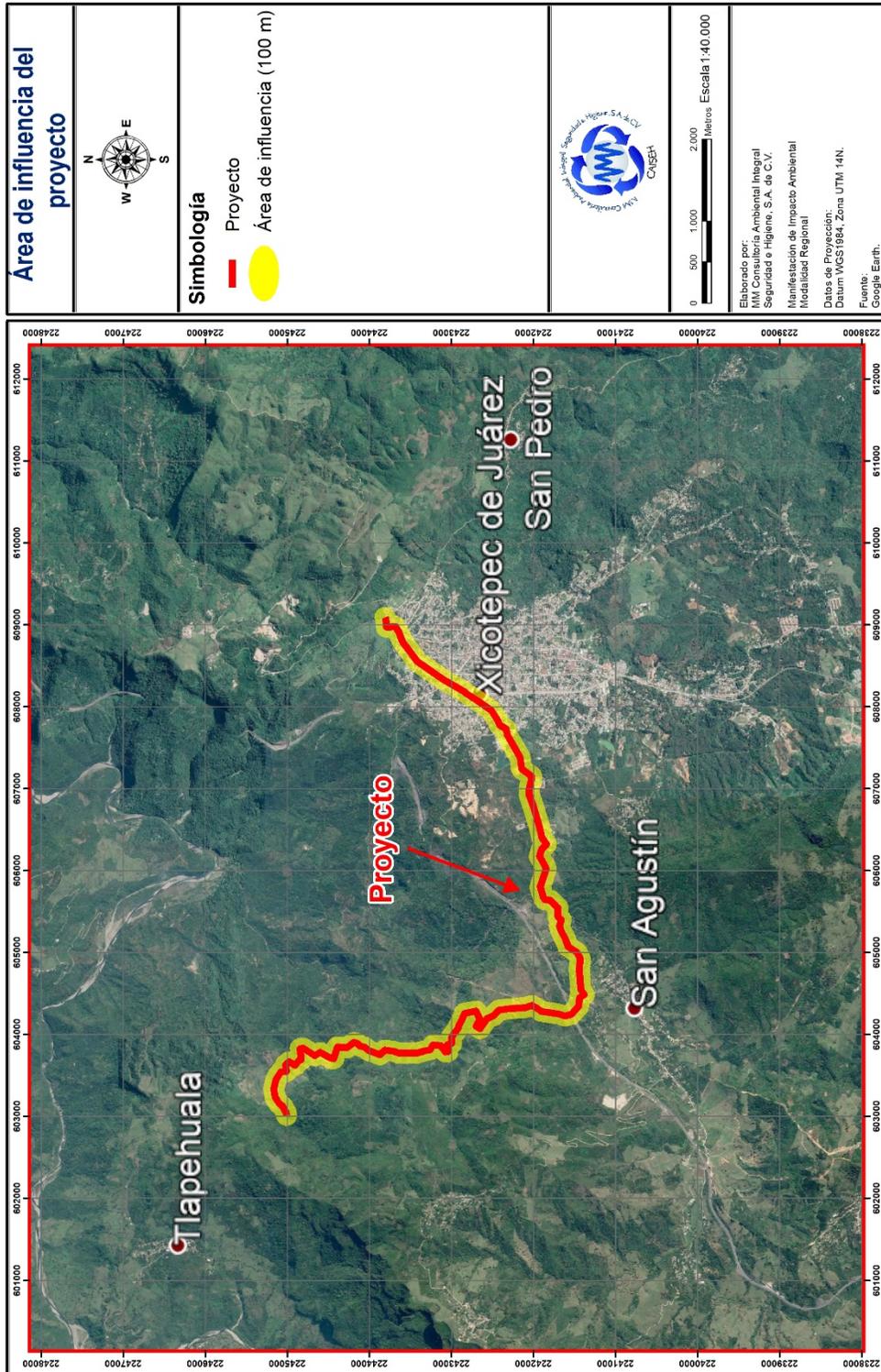
En referencia a lo anterior, se considera que el área de influencia será puntual, porque los impactos no abarcarán más de la superficie estimada del proyecto.

Socioeconómicos

Se estima que el área de influencia de este aspecto será de por lo menos 100 metros a la redonda y estará conformada por todas las viviendas contiguas al proyecto, las cuales serán influenciadas por las actividades del proyecto, en lo que implica a la demanda de obra, existirá en cada una de las etapas la creación directa e indirecta de fuentes de empleo y servicios.

Por lo que, atendiendo las problemáticas ambientales previamente señaladas, se concluye que el área de influencia del proyecto será de 100 metros a la redonda y se muestra en la siguiente carta.

Carta 10. Delimitación del Área de Influencia



IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR

IV.2.1.1. Medio abiótico

Climatología

Para determinar los diferentes tipos de clima presentes en el área del Sistema Ambiental, correspondientes a la clasificación de Köppen modificada por E. García (Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, 1983), se recurrió al método de superposición de cartas, del cual resultó que en el Sistema Ambiental se encuentran los presentados a continuación:

C(w1), Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

C(w2), Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

C(m), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

C(m)(f), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de

lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

C(f), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

(A)C(fm), Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.

A(f), Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.

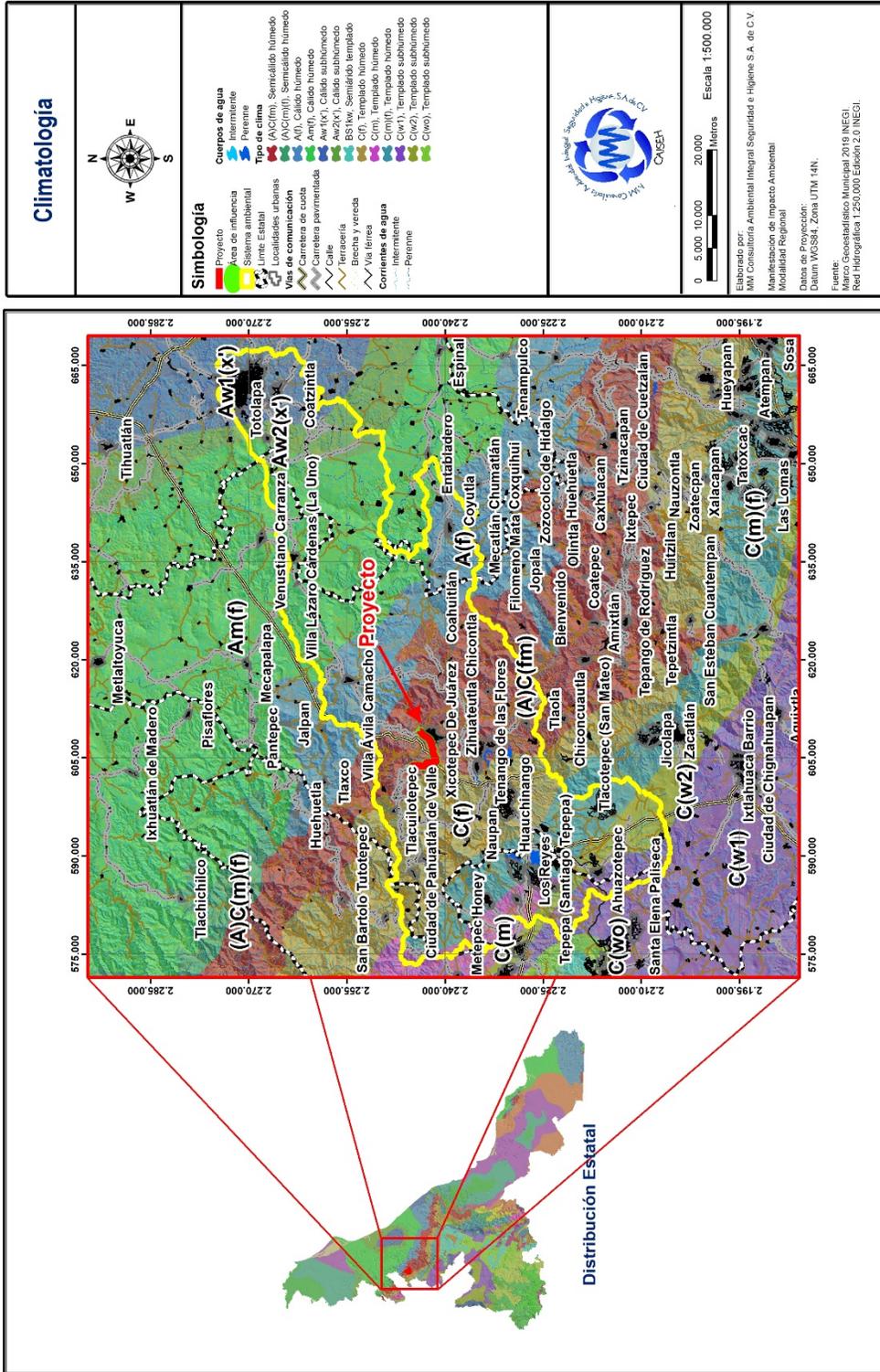
Am(f), Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

Aw1(x'), Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.

Aw2(x'), Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

El proyecto se ubica en el clima **(A)C(fm)**, en la siguiente carta se observa el tipo de clima presente en el Sistema Ambiental y en el área del proyecto.

Carta 11. Climatología



Temperaturas

Para obtener datos más precisos acerca de la variación en la temperatura precipitación, entre otros factores, se recurrió al Servicio Meteorológico Nacional. Se consultaron los datos medidos a través de estación climatológica más cercana al proyecto que contaba con datos (la cual se encuentra aproximadamente a 800 metros). Sus datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Datos de la Estación Meteorológica

Datos de la Estación Metereológica	
Estado:	Puebla
Clave:	21127
Nombre:	Xicotepec de Juárez
Latitud:	20°17'37" N.
Longitud:	97°57'37" W.
Altura:	1,098 m.s.n.m.

Los siguientes son datos referentes a la temperatura máxima registrada en los últimos años, durante el periodo de 1951 al 2010.

Temperatura Media

Tabla 17. Temperatura Media

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Normal	14.4	15.2	17.9	20.4	21.8	21.6	20.8	20.8	20.3	18.6	16.7	15.1	18.6
Años con datos	46	46	42	42	46	47	46	45	45	44	44	46	

Los valores encontrados en las normales climatológicas para las temperaturas mínimas y máximas se muestran enseguida:

Temperatura Máxima

Tabla 18. Temperatura Máxima

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Normal	19.2	20.0	22.8	25.5	26.8	26.1	25.1	25.1	24.3	22.9	21.1	19.9	23.2
Máxima Mensual	24.0	23.6	30.0	28.9	31.8	29.2	27.6	27.6	27.0	26.0	24.6	23.5	
Año de Máxima	1984	1958	1991	1958	1980	1955	1996	1954	1964	1964	1954	1988	
Máxima Diaria	33.0	33.0	35.5	38.5	38.8	35.8	34.0	32.0	32.0	32.8	32.8	32.0	
Años con Datos	48	46	42	42	46	47	46	45	45	45	45	46	

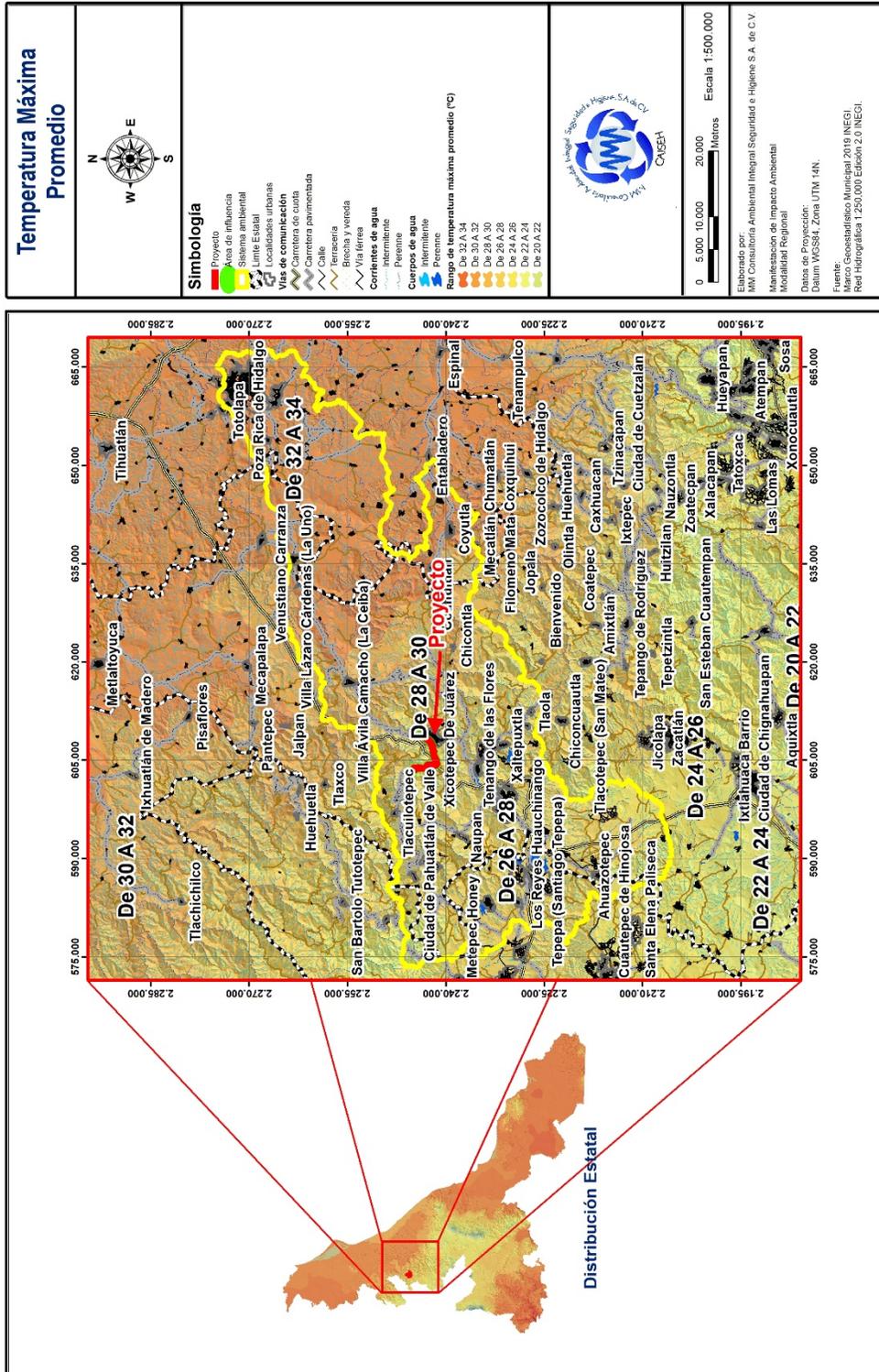
De acuerdo a la superposición de planos que se realizó con base en información proporcionada por el INEGI, la temperatura máxima promedio en el Sistema Ambiental cuenta con los siguientes rangos de temperatura:

- De 32 a 34°C
- De 30 a 32°C
- De 28 a 30°C
- De 26 a 28°C
- De 24 a 26°C
- De 22 a 24°C

El área del proyecto se encuentra dentro del rango de temperatura máxima promedio siguiente:

- De 26 a 28°C

Carta 12. Temperatura máxima promedio anual



Temperatura Mínima

Tabla 19. Temperatura Mínima

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Normal	9.7	10.4	12.9	15.3	16.8	17.2	16.5	16.5	16.3	14.3	12.3	10.4	14.1
Mínima Mensual	6.0	7.7	9.4	13.3	14.7	15.8	14.0	14.4	14.3	11.5	7.6	5.9	
Año de Mínima	1958	1958	1968	1971	1970	1972	1974	1973	1956	1957	1970	1954	
Mínima Diaria	-4.0	-2.0	1.0	5.0	5.0	10.0	10.0	11.0	8.4	4.3	-3.0	-1.5	
Años con Datos	46	46	42	43	46	47	46	45	45	45	44	46	

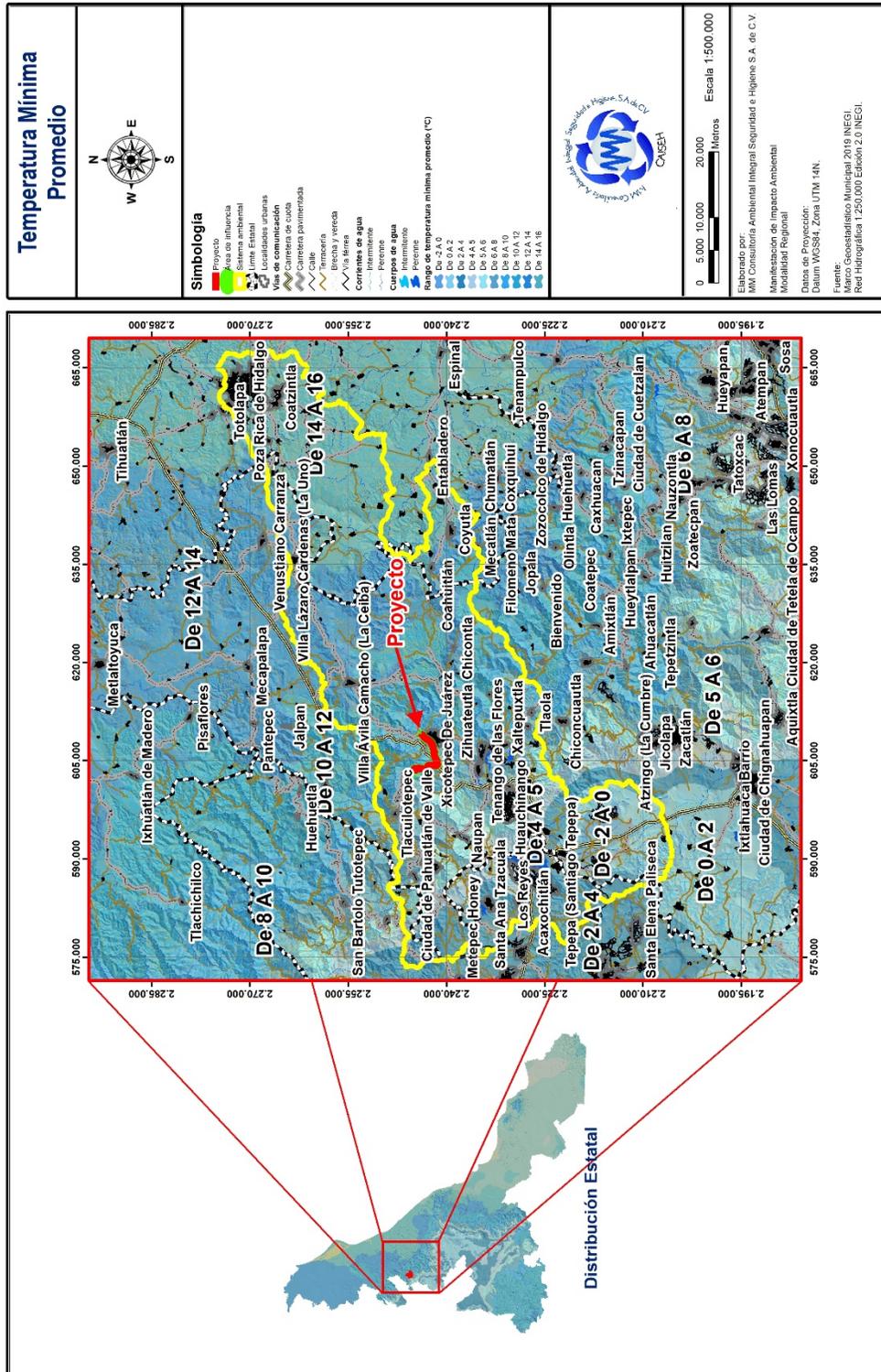
De acuerdo a la superposición de planos que se realizó con base en información proporcionada por el INEGI, la temperatura mínima promedio en el Sistema Ambiental cuenta con los siguientes rangos de temperatura:

- De -2 a 0°C
- De 0 a 2°C
- De 2 a 4°C
- De 4 a 5°C
- De 5 a 6°C
- De 6 a 8°C
- De 8 a 10°C
- De 10 a 12°C
- De 12 a 14°C
- De 14 a 16°C

El área del proyecto se encuentra dentro de los siguientes rangos de temperatura mínima promedio:

- De 6 a 8°C
- De 8 a 10°C

Carta 13. Temperatura mínima promedio anual



Precipitación pluvial

Los valores promedios mensuales de precipitación pluvial para la zona donde se ubica el Sistema Ambiental y con datos obtenidos de la estación climatológica antes citada, son los siguientes:

Tabla 20. Precipitación

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Normal	59.4	54.7	56.7	88.0	165.0	489.6	576.5	544.1	615.8	336.8	131.0	63.9	3,181.5
Máxima mensual	207.0	181.5	182.7	214.4	491.0	1,035.6	1,116.5	1,234.4	1,340.2	872.3	351.9	157.0	
Año de máxima	1965	1989	1997	2000	1956	1981	1984	2007	1955	1999	1958	1973	
Máxima diaria	155.0	106.3	95.5	158.0	184.5	271.1	180.3	191.3	330.0	326.6	131.0	93.5	
Años con datos	58	58	55	55	57	59	58	57	57	57	56	57	

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

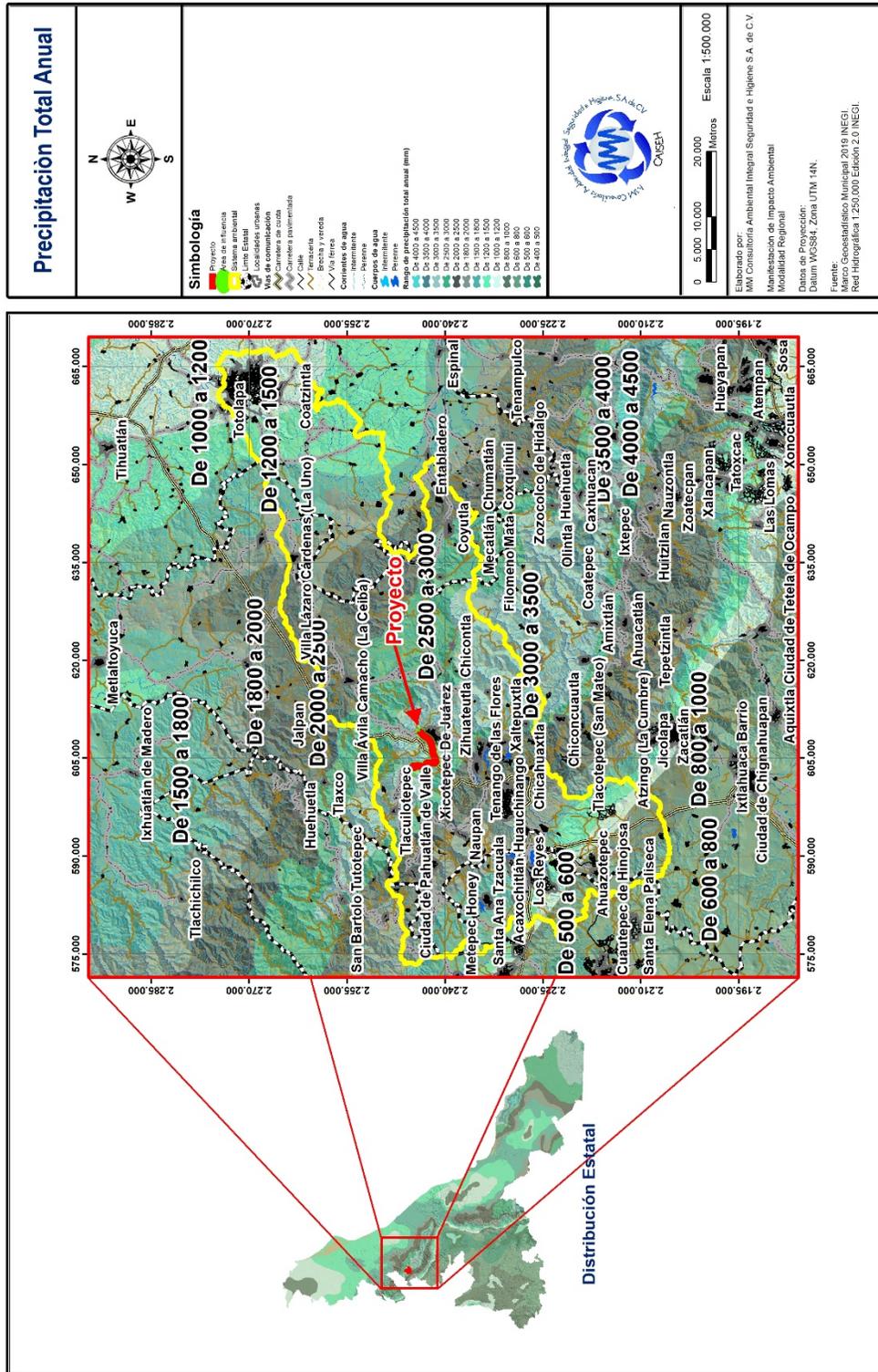
De acuerdo con la carta de precipitación total anual, el Sistema Ambiental presenta los siguientes rangos:

- De 3000 a 3500 mm
- De 2500 a 3000 mm
- De 2000 a 2500 mm
- De 1800 a 2000 mm
- De 1500 a 1800 mm
- De 1200 a 1500 mm
- De 1000 a 1200 mm
- De 800 a 1000 mm
- De 600 a 800 mm

El proyecto se ubica dentro del rango de:

- De 3000 a 3500 mm

Carta 14. Precipitación promedio anual



Aire

Para este factor es importante establecer que no se tiene reportes de la calidad del aire de la zona, sin embargo, para su análisis se determinó una calidad de tipo medio debido a su cercanía con vialidades importantes, la dirección y velocidad del viento. Dicha calidad mantiene a los contaminantes de acuerdo al Índice Metropolitano de la calidad del aire por debajo de los 100 IMECAS.

Intemperismos Severos

De acuerdo con la estación climatológica 21127 anteriormente mencionada, la cual recopila la información de 1951 al 2010, se presentan los siguientes fenómenos. (CONAGUA).

Tabla 21. Número de días con lluvia

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Lluvia	11.6	9.8	10.0	9.4	10.6	19.0	24.7	23.5	21.5	15.9	12.1	11.6	179.7
Años con datos	58	58	55	55	57	59	58	57	57	57	56	57	

Tabla 22. Número de días con niebla

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Niebla	11.9	10.0	9.7	8.9	7.2	7.4	6.5	6.5	7.4	7.1	10.1	11.6	104.3
Años con datos	57	56	55	55	57	59	57	56	57	57	56	57	

Tabla 23. Número de días con granizo

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Granizo	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7
Años con datos	57	56	55	55	57	59	57	56	57	57	56	57	

Tabla 24. Número de días con tormentas eléctricas

Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Tormenta eléctrica	0.2	0.6	1.1	2.6	3.7	7.5	10.8	10.6	6.9	2.1	0.6	0.2	46.9
Años con datos	57	56	55	55	57	59	57	56	57	57	56	57	

En resumen, se presentan lluvias 179.7 días al año, 104.3 días con niebla, 0.7 con presencia de granizo y aproximadamente 46.9 con tormentas eléctricas.

Geomorfología

El municipio de Xicoteppec de Juárez se localiza en la parte noroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 14' 18" y 20° 26' 12" de latitud norte y los meridianos 97° 45' 00" y 98° 03' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al norte con Jalpan, al sur con Juan Galindo y Zihuateutla, al oeste con Zihuateutla y al poniente con Tlacuilotepec.

El municipio pertenece a dos regiones morfológicas de la cota 1,000 hacia el noroeste, al declive del Golfo y de la misma cota hacia el sureste a la Sierra Negra.

El declive del Golfo es el declive septentrional de la Sierra Norte hacia la llanura costera del Golfo y se caracteriza por sus numerosas chimeneas volcánicas y lomas aisladas; en tanto que la sierra norte o sierra de Puebla está formada por sierras más o menos individuales, paralelas, comprimidas unas con las otras y suelen formar grandes o pequeñas antiplanicies intermontañas que aparecen frecuentemente escalonadas hacia la costa.

La porción occidental del municipio es bastante accidentada, ya que presenta constantes ascensos y descensos que muestran, una tendencia a declinar abruptamente hacia donde pasa el río San Marcos. Destacando una serie de cerros y sierras pequeñas como el Nactanca, Peña Blanca, Las Pilas, entre otros, aunque cabe destacar una zona más o menos plana, donde se asienta la ciudad de Xicoteppec de Juárez.

La porción oriental muestra un relieve diferente; se alcanzan dos grandes Mesas, la Junta y Planada, con más de 10 km de largo y 4 de ancho. Su descenso hacia el río el Metate y San Marcos es abrupto. Su altura con respecto al mar oscila entre 200 y 1,600 metros.

El Sistema Ambiental se ubica dentro de las siguientes provincias fisiográficas:

- Sierra Madre Oriental
- Llanura Costera del Golfo Norte
- Eje Neovolcánico

Y en las subprovincias fisiográficas:

- Carso Huasteco
- Llanuras y Lomeríos
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo
- Lagos y Volcanes de Anáhuac

Provincia Sierra Madre Oriental

Se extiende paralela a la costa del Golfo de México; es un conjunto de sierras de estratos plegados, de origen sedimentario marino, de edad mesozoica y sus cumbres presentan altitudes variantes entre los 2,000 y 3,000 msnm. Está representada por la subprovincia **Carso Huasteco** meridional perteneciente a la región Sierra Norte de Puebla. Limita al norte y noreste con la Subprovincia de Llanuras y Lomeríos; al este con la Subprovincia Chiconquiaco, perteneciente al Eje Neovolcánico; al sureste con la Subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac y hacia el noroeste se interna en territorio veracruzano e hidalguense. El sistema de toposformas que domina es el de sierra altas, con grandes valles, mesetas y lomeríos escarpados, que cubren prácticamente toda esta zona (INEGI 2004).

Provincia Llanura Costera del Golfo Norte

Se extiende sobre las costas del Golfo de México, desde el río Bravo (en el tramo que va de Reynosa, Tamaulipas, a su desembocadura) hasta la zona de Nautla, Veracruz.

A diferencia de la Llanura Costera del Golfo Sur, esta región integra una costa de emersión, evidenciada, entre otros rasgos, por la dominancia de materiales sedimentarios marinos no consolidados (arcillas, arenas, conglomerados), cuya edad aumenta conforme se alejan de la costa (desde el Cuaternario, pasado por el Plioceno, Oligoceno y Eoceno del Terciario, hasta el Cretácico en la proximidad de la Sierra Madre Oriental).

En Puebla está representada por algunas áreas de la subprovincia Llanuras y Lomeríos, que limita al oeste con el Carso Huasteco.

Provincia Eje Neovolcánico

Esta provincia ha sido descrita como una faja volcánica en la que se encuentran diversos aparatos y rocas volcánicas asociados a grandes fallas y fracturas, más que como un "eje" continuo de dichos materiales.

Esta faja volcánica tiene unos 900 km de longitud, y entre 10 y 300 km de ancho aproximadamente; se extiende burdamente en dirección este-oeste casi de costa a costa del país, a la altura de los paralelos 19° y 20° de latitud norte. Abarca parte de los estados de Colima, Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes, Michoacán de Ocampo, Guanajuato, Querétaro de Arteaga, México, Hidalgo, Tlaxcala (todo el estado), Puebla y Veracruz-Llave.

Colinda al norte con las provincias: Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre Occidental, Mesa del Centro, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte; al sur con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur; al oeste con el Océano Pacífico; y al este con el Golfo de México.

Esta región se caracteriza por una serie de sierras, lomeríos y cuencas formadas por la acumulación de lavas, brechas y cenizas volcánicas, a lo largo de innumerables y sucesivos episodios volcánicos, iniciados desde el Terciario Superior y continuados hasta el presente. Este volcanismo ha sido asociado a la subducción de la placa de Cocos en la placa de Norteamérica. Dicho fenómeno debió iniciarse durante el período Plioceno.

La provincia está constituida por grandes sierras volcánicas, coladas lávicas, conos cineríticos dispersos o en enjambre, amplios escudovolcanes de basalto, depósitos de arenas y cenizas, entre otros.

La actividad volcánica ha dado origen a un gran número de cuencas endorreicas con el consecuente desarrollo de lagos y planicies rodeadas de sierras, lo que le da al paisaje una apariencia muy característica. Algunos lagos importantes son: Chapala, Pátzcuaro, Texcoco y Totolcingo.

Planicies como las de Zumpango, Chalco, el Valle de México y diversos llanos del Bajío Guanajuatense, fueron formadas por lechos de lagos antiguos. Algunos de los principales aparatos volcánicos que se localizan en esta provincia son: San Juan, Sangangüey, Volcán de Tequila, Ceboruco, Volcán de Colima, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlalcueye (Malinche), Atlítzin (cerro La Negra), Cofre de Perote y Citlaltépetl (Pico de Orizaba).

Dentro del territorio del estado de Guanajuato se localizan tres provincias fisiográficas: en la porción nororiental, la sierra Madre Oriental; en la parte norte – central, la Mesa del Centro, y en la parte centro – sur, Eje Neovolcánico Transversal (Faja Volcánica Transmexicana o Cinturón Volcánico Mexicano).

Subprovincia Carso Huasteco

La Subprovincia Carso Huasteco, se ubica en la porción septentrional del estado; constituye la región más meridional de esa gran provincia; pertenece a la región conocida como Sierra Norte de Puebla. Limita al norte y noreste con la subprovincia Llanuras y Lomeríos, de la Llanura Costera del Golfo Norte; al este, con la subprovincia Chiconquiaco del Eje Neovolcánico; al sureste con la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac y hacia el noroeste se interna en territorios veracruzanos e hidalguenses. Se extiende desde las poblaciones de Pantepec y Pahuatlán del Valle hasta la altura de las localidades de Cuyoaco, Zaragoza y Hueyapan. Ocupa 11.58% de la superficie estatal; abarca 33 municipios completos, entre ellos Tlacuilotepec, Pahuatlán, Naupan, Olintla, Huehuetla, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Xochiapulco y Tetela de Ocampo; así como parte de los de Pantepec, Jalpan, Xicotepec, Zihuateutla, Jopala, Tuzamapan de Galeana, Hueyapan, Yaonáhuac, Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla, Zautla, Cuyoaco, Ixtacamaxtitlán, Aquixtla, Zacatlán y Huauchinango.

Presenta un fuerte grado de disección e incluso desarrollo de cañones, por la acción de los importantes ríos que fluyen en ella; y posee un grado de expresión de rasgos propios de un carso mayor. Está constituida principalmente de rocas calizas, pero en su extremo sureste abundan las rocas sedimentarias marinas antiguas, en las que no se manifiestan los rasgos de carso. Se encuentran materiales sedimentarios calcáreos y no calcáreos, que han sido sepultados parcialmente por rocas volcánicas. Varias de las cumbres de las sierras tienen altitudes superiores a los 1,000 m, pero la mayor, llega a los 3,200 m. Los principales ríos que surcan esta parte de la entidad son: Necaxa, San Marcos y Apulco.

Subprovincia Llanuras y Lomeríos

Abarca 2,015.13 km² de la superficie total de Puebla, en áreas que corresponden a los municipios de Pantepec, Jalpan, Xicotepec, Zihuateutla, Jopala, Tenampulco, Tuzamapan de Galeana y Ayotoxco de Guerrero.

En esta zona, debido a la proximidad de la provincia del Eje Neovolcánico, las llanuras características de la subprovincia se encuentran sepultadas bajo materiales basálticos que integran mesetas, las cuales alcanzan hasta 500 m de altitud. Estas mesetas se localizan junto a la Sierra Madre Oriental. En ellas han escabado sus valles los ríos Necaxa (afluente del Tecolutla) y San Marcos (afluente del Cazones). También es representativo el sistema de topoformas denominado lomerío alto con llanos, cuya máxima altura sobre el nivel del mar va de 250 a 300 metros.

Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo

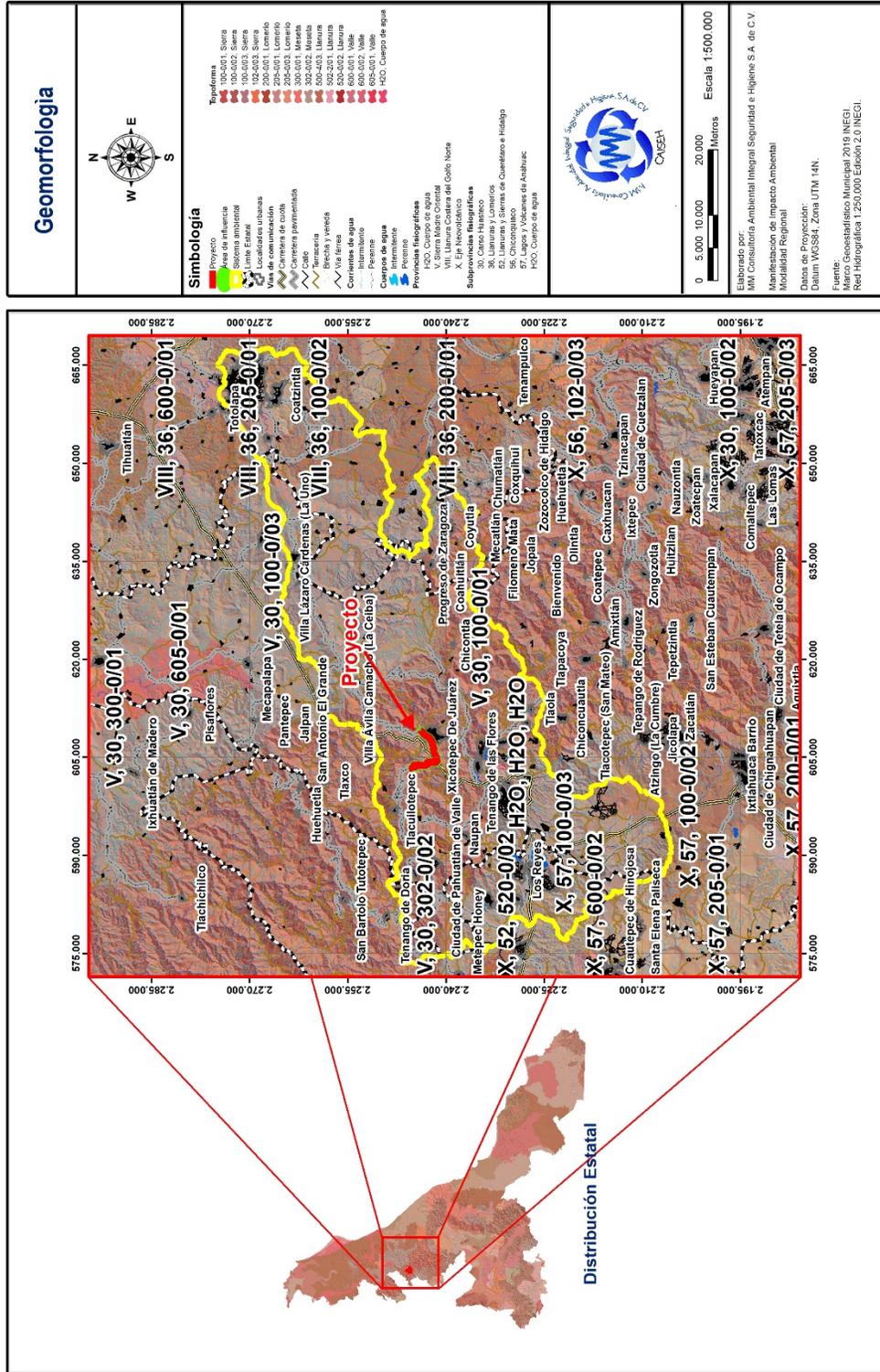
Solo una pequeña porción del extremo este de la subprovincia penetra en el noroeste de la entidad de Puebla. Está representada por el sistema de topoformas denominado lomerío de colinas redondeadas con llanuras, que se localiza en parte del municipio de Chila Honey, del cual abarca una superficie de 45.88 km².

Expuesto lo anterior y de acuerdo con la carta de geomorfología encontramos que en el Sistema Ambiental se ubican los siguientes tipos de topoformas:

- Valle
- Lomerío
- Sierra
- Llanura

En el caso del proyecto, éste se encuentra en la topoforma "Sierra".

Carta 15. Geomorfología



Sismicidad

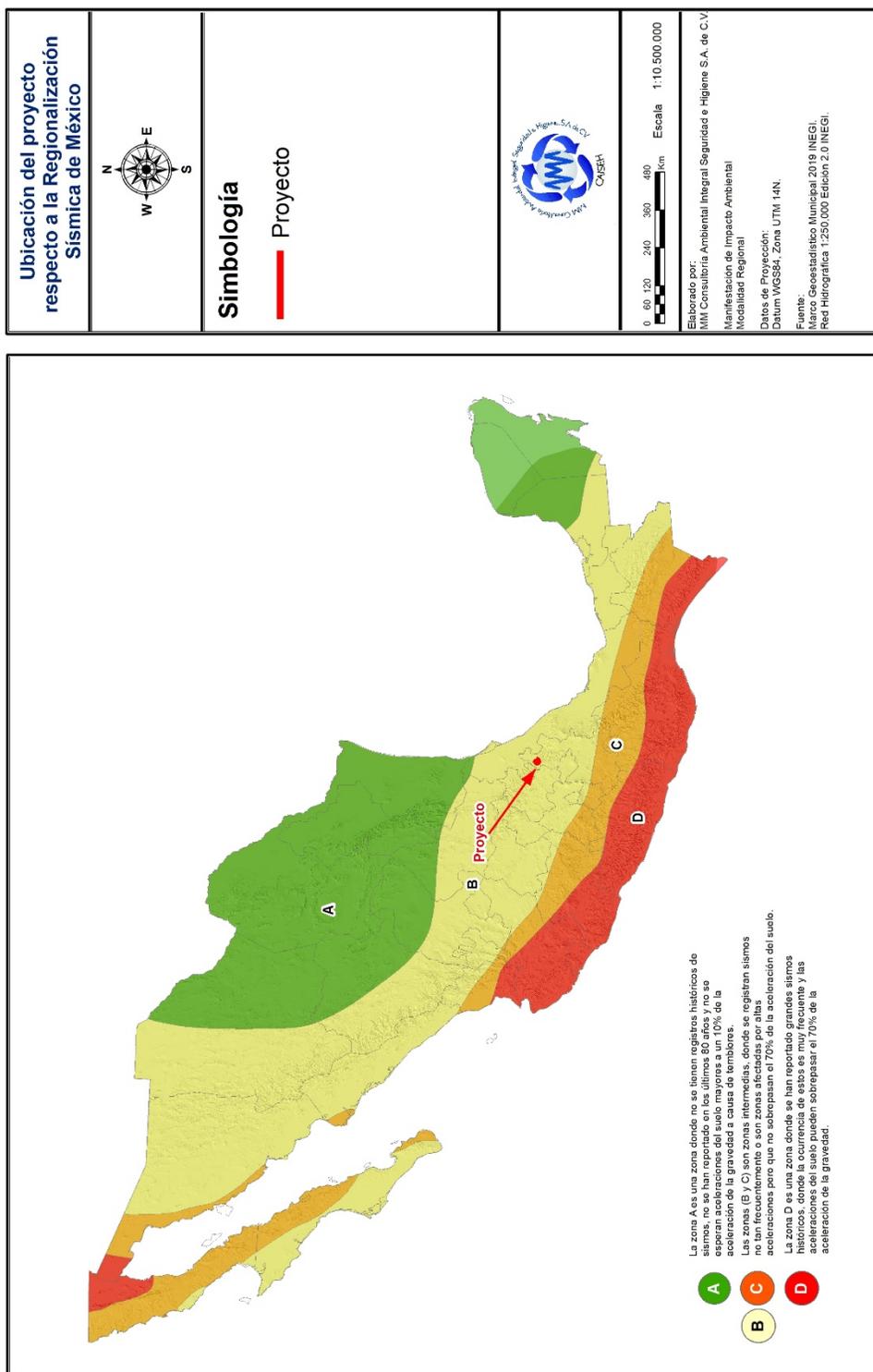
La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas creadas con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división, se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana creados desde inicios de siglo pasado, con base en grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en el mismo siglo.

Estas zonas reflejan la frecuencia de los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

En la siguiente carta se aprecia la ubicación del Sistema Ambiental y del proyecto en la zona B de sismicidad. (Servicio Sismológico Nacional).

Carta 16. Sismicidad



Geología

El aspecto del paisaje natural actual de Xicoteppec de Juárez es entonces, el resultado de la acción de diversos factores ambientales que han operado desde el pasado reciente sobre los bloques geológicos establecidos con anterioridad. Estos factores incluyen, principalmente, la acción tanto destructiva como constructiva de los agentes del intemperismo y la erosión, que denudan y modifican las topoformas y dan pie a la formación de depósitos aluviales y suelos.

El Sistema Ambiental presenta siguientes unidades cronoestratigráficas:

- **Jm(ar).**- Sedimentaria arenisca.
- **Jm(lm-ar).**- Sedimentaria limolita–arenisca.
- **Js(cz-lu).**- Sedimentaria caliza-lutita.
- **K(cz-lu).**- Sedimentaria caliza-lutita.
- **Ki(cz).**- Sedimentaria caliza.
- **Ks(cz-lu).**- Sedimentaria caliza-lutita.
- **Q(s).**- Aluvial.
- **TR(ar-cg).**- Sedimentaria arenisca-conglomerado.
- **Te(lu-ar).**- Sedimentaria lutita-arenisca.
- **Tm(ar).**- Sedimentaria arenisca.
- **To(lu-ar).**- Sedimentaria lutita-arenisca.
- **Tpal(lu).**- Sedimentaria lutita.
- **Tpal(lu-ar).**- Sedimentaria lutita-arenisca.
- **Ts(lgea).**- Ígnea extrusiva ácida.
- **Ts(lgeb).**- Ígnea extrusiva básica.
- **Ts(lgei).**- ígnea extrusiva intermedia.

Jm(ar), Jm(lm-ar).- El Jurásico Medio, está representado en el norte de la entidad, por una unidad detrítica formada en un medio continental que recibe el nombre de formación Cahuascal, Jm(lm-ar) y Jm(ar), constituida por grauvaca y arenisca conglomerática compacta, en estratos gruesos, ocasionalmente masivos. Sobreyace en discordancia angular a la secuencia de rocas del Jurásico Inferior y subyace en igual forma a la del Jurásico Superior; aflora en terrenos de Tlacuilotepec. Al norte de Teziutlán, en una zona limítrofe entre la Sierra Madre Oriental y La Faja Volcánica Mexicana, aflora una unidad de limolitas, areniscas y conglomerados, correlacionable con esta formación.

Hacia la parte centro sur del estado, afloran unidades sedimentarias de origen continental, Jm(ar-cg), Jm(lu-ar) y Jm(ar), constituidas por una secuencia alternante de conglomerado, arenisca, lutita y limolita, en estratos de espesor variable, contienen fósiles de plantas. Corresponden a la formación Tecomasuchil, del grupo Tecocoyunca. Sobreyacen en discordancia angular a las rocas metamórficas del Complejo Acatlán y subyacen a calizas del Jurásico Superior y a depósitos clásticos del Terciario.

Js(cz-lu).- Esta unidad está formada por alternancias rítmicas de calizas y lutitas, pertenece a las Formaciones Caliza Chimeco y Mapache en el área de Petlalcingo, y a la Formación Tepexilotla en la Sierra Mazateca. El afloramiento correspondiente a la Caliza Chimeco que se localiza en el municipio de Tianguismanalco, está constituido por una secuencia de calizas arcillosas, gruesas en la base, con intercalaciones esporádicas de lutitas de color verde amarillento, y con un gran contenido de pelecípodos y amonitas gigantes muy fragmentados. En la porción media los estratos son gruesos y están formados calizas oolíticas, que hacia la cima tienden a ser delgados y arcillosos. Suprayace a las rocas del Jurásico Medio en aparente contacto transicional. El afloramiento de la Formación Mapache está integrado por una secuencia de calizas arcillosas grises, en estratos gruesos y medianos, interestratificados con limolitas y lutitas, que forman capas gruesas, medianas y delgadas. Este afloramiento contiene abundantes pelecípodos que indican un ambiente de depósito de zona infralitoral. Subyace en discordancia erosional a las rocas calcáreas del

Cretácico Inferior. En la Sierra Mazateca esta unidad está formada por estratos de calizas de 10 a 30 cm de espesor, y de lutitas de 5 a 30 cm. Esta zona presenta un aspecto pizarroso que acusa un ligero metamorfismo, y sobreyace tectónicamente a las unidades del Cretácico Inferior.

K(cz-lu).- Unidad perteneciente al Cretácico, constituida por la alternancia de caliza y lutita depositadas en un ambiente marino de aguas someras. La caliza se encuentra en estratos delgados y medianos, de colores gris claro a gris oscuro. La lutita forma estratos medianos y gruesos, en colores verde y café.

Q(s).- Está constituida por depósitos arenogravosos que sobreyacen discordantemente a las demás secuencias. Dentro de esta unidad quedan incluidos los sedimentos lacustres, como los que están ubicados en la margen de la presa Valsequillo.

Ki(cz).- La unidad de caliza representada con la clave Ki(cz), incluye a la formación Miahuatepec, parte de las formaciones Xonamanca, Morelos y Orizaba. La primera de ellas, de edad Aptiano, está constituida por caliza gris muy plegada y fallada, con fracturas rellenas de calcita. Forma estratos gruesos a los que ocasionalmente se intercalan capas arcillosas que incluyen nódulos y bandas de pedernal y marga. Descansa de manera discordante sobre unidades del Paleozoico Superior y sobre las lutitas y areniscas del Cretácico Inferior, además, está cubierta por sedimentos del Terciario Inferior. La porción de la formación Xonamanca corresponde al Neocomiano, consta de caliza y dolomía, así como de escasa toba, limolita y grauvaca. La formación Morelos pertenece al intervalo Albiano-Cenomaniano y está formada por caliza masiva de color gris, fosilífera, con gasterópodos, rudistas y microfósiles. Esta unidad sobreyace a rocas del Jurásico y Cretácico Inferior y subyace a sedimentos continentales del Terciario. La formación Orizaba aflora al sureste del estado, y es correlacionable con la formación Morelos. Consiste en calizas dolomitizadas, masivas, que contienen rudistas, miliólidos y fragmentos de briozoarios; descansa sobre unidades del Cretácico Inferior y está cubierta por calizas del Cretácico Superior.

Ks(cz-lu).- Está formada por una secuencia de caliza arcillosa y lutita dispuesta en estratos delgados. Presenta bandas y nódulos de pedernal negro, con horizontes de radiolarios y globigerinas. Aflora hacia la parte norte del estado y corresponde a las formaciones San Felipe y Agua Nueva, las cuales señalan un marco sedimentológico regresivo. En la mitad sur de la entidad, dicha unidad está integrada por partes de las formaciones Maltrata y Mexcala. La primera, consiste en una intercalación de caliza y lutita calcárea, amarillentas, intensamente deformadas. La parte de la formación Mexcala incluida en esta unidad, está integrada por estratos de 10 a 60 cm de espesor, compuestos por caliza grisácea, de textura mudstone, intercalados con lutita calcárea.

TR(ar-cg).- Unidad perteneciente al periodo Triásico. Conformada de arenisca, conglomerado y algunas capas de lutita arenosa, que forman estratos masivos y delgados y subyacen en discordancia angular a los depósitos del Jurásico Inferior. Se localiza al oeste de Huauchinango, a lo largo de una gran estructura de plegamiento con orientación noroeste-sureste conocida como el Anticlinorio de Huayacocotla, en la Sierra Madre Oriental.

Te(lu-ar).- La secuencia terrígena del Eoceno, Te(lu-ar), está constituida por la alternancia de lutitas, arenisca y margas, que localmente presentan horizontes de bentonita. Contienen nódulos calcáreos e impresiones de hojas, así como microfósiles que la relacionan con las Formaciones Velasco, Chicontepec, Aragón, Chapopote y Tantoyuca, del Eoceno. Sobreyace de manera concordante a los sedimentos areno-arcillosos del Paleoceno, y de la misma manera subyace a depósitos areno-arcillosos del Oligoceno, To(lu-ar) así como a rocas pirocásticas del Terciario Superior.

Tm(ar).- Se trata de areniscas con intercalaciones de limolitas y conglomerados, depositados en un ambiente marino de aguas poco profundas; la textura es samítica. Las areniscas son litarenitas de grano fino a medio, con fragmentos subangulosos a subredondeados constituidos por cuarzo y abundantes micas de moscovita, cementante

calcáreo y ferruginoso y matriz arcillo-limoso; su estratificación va de gruesa a masiva, de color rojizo y pardo claro, se encuentran mal compactadas, se observan horizontes de cenizas volcánicas y lentes de conglomerados oligomícticos de cuarzo blanco lechoso, con clastos redondeados, mal seleccionados y dispuestos caóticamente. Sobreyacen concordantemente a la unidad de lutitas y areniscas del Mioceno, y en discordancia a las unidades del Paleozoico y Mesozoico; subyacen de modo discordante a la unidad de conglomerado del Mioceno Superior y a los sedimentos cuaternarios. La morfología corresponde a lomeríos y cerros bajos de suave pendiente.

To(lu-ar).- El Oligoceno está representado por una alternancia de arenisca con microfósiles y lutita To(lu-ar) en estratos laminares; en ocasiones se encuentran estratos delgados de conglomerado y marga. La unidad se correlaciona con las formaciones Palma Real, Horcones, Alazán, Mesón y Coatzintla. Descansa concordantemente sobre los depósitos terrígenos del Eoceno y la cubren derrames basálticos y andesíticos del Terciario Superior.

Tpal(lu).- La unidad se encuentra dispuesta en estratos medianos, y presenta concreciones de pedernal e intemperismo en forma de almendrillas. Es parte de la Formación Velasco, del Paleoceno Inferior, y cubre discordantemente a depósitos del Cretácico Inferior y Superior. Asimismo, existe otra secuencia alternante de areniscas, lutitas y margas, depositadas en facies de talud, con microfósiles del Paleoceno que permiten correlacionarla con la parte baja del grupo Chicontepec y con la Formación Velasco. Sobreyace en discordancia a las rocas calcáreas del Cretácico Inferior; está cubierta en su mayor parte por materiales terrígenos del Eoceno, y sólo en algunas áreas por rocas ígneas extrusivas del Terciario Superior.

Tpal(lu-ar).- Está formada por una interestratificación de lutita y arenisca (secuencia tipo flysch), que presentan huellas de pistas de organismos; sobreyace en concordancia a las unidades de caliza y lutita del Cretácico Superior. Pertenecen a la formación Chicontepec

y se sitúan entre las partes bajas de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo Norte, en los extremos norte y sureste de la entidad. Asimismo, existen afloramientos de esta unidad hacia el extremo sureste del estado. Aquí, las areniscas forman estratos de 10 a 30 cm de espesor; guardan impresiones de plantas mal conservadas y en ocasiones contienen foraminíferos; descansa sobre calizas del Cretácico Superior, y está cubierta por areniscas y conglomerados del Mioceno.

Ts(lgea).- Tiene afloramientos en la parte norte y oeste de la entidad de Puebla, e incluye a un conjunto de rocas volcánicas, principalmente piroclásticas, de diversas características. Comprende tobas dacíticas, riódacíticas e ignimbríticas. La secuencia se presenta en pseudocapas casi horizontales, y con ocasionales intercalaciones de obsidiana, pumicita, basalto y derrames riolíticos. Hacia el área de Chignahuapan, la unidad incluye extensos afloramientos de riolita esferulítica, de estructura fluidal, cubiertas por andesita. En terrenos de Izúcar de Matamoros, está integrada por toba ácida en pseudoestratos de 2 m de espesor, aproximadamente, y por algunas intercalaciones de toba intermedia con lapilli pumicítico. Se encuentra sobre basalto del Terciario Superior y sobre caliza del Cretácico Inferior y Superior.

Ts(lgeb).- En la zona del Eje Neovolcánico perteneciente a la entidad, son comunes los basaltos, brechas y depósitos piroclásticos de composición básica del Terciario Superior, cartografiados como Ts(lgeb). Al norte del estado de Puebla, afloran en varias zonas basaltos masivos, columnares, con abundantes vesículas y amígdalas de calcita. Su fracturamiento es escaso a moderado y llegan a presentar intemperismo esferoidal. Conforman mesas y cuellos volcánicos; cubren discordantemente a las rocas marinas arcilloarenosas del Terciario Inferior. Al sur de la entidad, existen también afloramientos de basalto del Terciario Superior. Se presentan de color gris oscuro, vesiculares, en derrames de superficies acordonadas y en bloques. Sobre estos basaltos, se encuentra una intercalación de brecha volcánica y coladas basálticas de color verdoso y ocre, que es correlacionable con el miembro intermedio de la formación Huajuapán. Estas rocas

sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Terciario Inferior, Mesozoico y Paleozoico, así como a las rocas metamórficas del Complejo Acatlán.

Ts(lgei).- Constituye la base del paquete de rocas volcánicas de la región de la Faja Volcánica Mexicana o Eje Neovolcánico. Esta unidad pertenece al Terciario Superior y aflora ampliamente en toda la parte centro y centro norte del estado. Conforman la mayor parte de las grandes estructuras volcánicas, como el Pico de Orizaba, La Malinche, El Popocatepetl e Iztaccíhuatl. Incluye a varias unidades de composición andesítica de diversa textura, como brechas volcánicas, tobas y derrames, que sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Mesozoico. A su vez, se encuentran cubiertas por tobas ácidas y ceniza volcánica del Terciario Superior y Cuaternario. En la parte sur y suroeste del estado, la unidad está representada por derrames tipo "AA" de andesita porfídica amigdaloides, que presentan intemperismo esferoidal; y por cuerpos de toba vitrocrística de composición andesítica con pseudoestratificación. Descansa sobre sedimentos continentales del Terciario Inferior y sobre rocas metamórficas del Paleozoico y está cubierta por basaltos y brechas volcánicas básicas.

En el caso del proyecto, éste se encuentra en las unidades **Jm(ar)**, **Js(cz-lu)**, **Ki(cz)** y **Ts(lgeb)**, descritas anteriormente.

En la siguiente carta se observan las unidades cronoestratigráficas presentes dentro del Sistema Ambiental y el proyecto, además de la distribución de las fallas y fracturas.

Edafología

La edafología es la rama de la ciencia que se especializa en el estudio del suelo y sus características, entendiendo que éste medio es sumamente importante para el desarrollo de la relación entre la fauna y flora.

Las unidades de suelo presentes en el Sistema Ambiental son las siguientes:

Acrisol (A).- Literalmente, suelo ácido. Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas como las sierras orientales de Oaxaca, llanura costera veracruzana, sierra lacandona y Altos de Chiapas. En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes. En México se usan en la agricultura con rendimientos muy bajos, salvo los frutales tropicales como cacao, café o piña, en cuyo caso se obtienen rendimientos de medios a altos; también se usan en la ganadería con pastos inducidos o cultivados; sin embargo, el uso más adecuado para la conservación de estos suelos es el forestal.

Cambisol (B).- Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

Rendzina (E).- Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados.

Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. En el estado Yucatán se utilizan también para la siembra de henequén con buenos rendimientos y para el maíz con rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades.

Feozem (H).- Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego.

Litosol (I).- Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la

susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

Fluvisol (J).- Literalmente, suelo de río. Se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos. Los ahuehuetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan sobre estos suelos. Los Fluvisoles presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos. Sus usos y rendimientos dependen de la subunidad de Fluvisol que se trate. Los más apreciados en la agricultura son los Fluvisoles mólicos y calcáricos por tener mayor disponibilidad de nutrientes a las plantas.

Castañosem (K).- Suelos alcalinos que se encuentran ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos como las sierras y llanuras del norte de Zacatecas, parte del Bolsón de Mapimí y las llanuras occidentales de San Luis Potosí. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Frecuentemente tienen más 70 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. En México se usan para ganadería extensiva mediante el pastoreo o intensiva mediante pastos cultivados con rendimientos de medios a altos; en la agricultura son usados para el cultivo de granos, oleaginosas y hortalizas con rendimientos generalmente altos, sobre todo si están bajo riego, pues son suelos con alta fertilidad natural. Son moderadamente susceptibles a la erosión.

Luvisol (L).- Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas como los Altos de Chiapas y el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en los estados de Durango y Nayarit, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos como los Altos de Jalisco o los Valles Centrales de Oaxaca. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas, donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles.

Nitosol (N).- En México se localizan principalmente en los Cansos de Yucatán y Campeche que son regiones cálidas y con vegetación natural de selva. Los Nitosoles son suelos de color rojizo muy brillante y enriquecidos de arcilla en todo su espesor, por lo menos hasta 150 cm de profundidad. Son suelos muy profundos pero con una capa superficial muy delgada de color oscuro, donde la parte orgánica está bien mezclada con la parte mineral. Su fertilidad natural es alta. En las costas de Nayarit se destinan al cultivo del tabaco y mediante pastizales inducidos dan buenos resultados en la cría de bovinos. Sin embargo, su uso óptimo es el forestal pues conserva mejor la potencialidad natural de estos suelos. Tienen susceptibilidad a la erosión de baja a moderada.

Regosol (R).- Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate.

Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y que son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos. En Jalisco y otros estados del centro se cultivan granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.

Andosol (T).- Suelos de origen volcánico, constituídos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófono, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. Se extienden territorialmente en las regiones de Mil Cumbres y la Neovolcánica Tarasca, en el estado de Michoacán, en las Sierras Neovolcánicas Nayaritas, Sierra de los Tuxtlas en Veracruz y en la región de Lagos y Volcanes de Anahuac, en el centro del país. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad. En condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Sin embargo, con programas adecuados de fertilización, muchas regiones aguacateras de Michoacán, por ejemplo, consiguen rendimientos muy altos. Tienen también uso pecuario especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son muy susceptibles a la erosión eólica.

Vertisol (V).- Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de importantes distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la

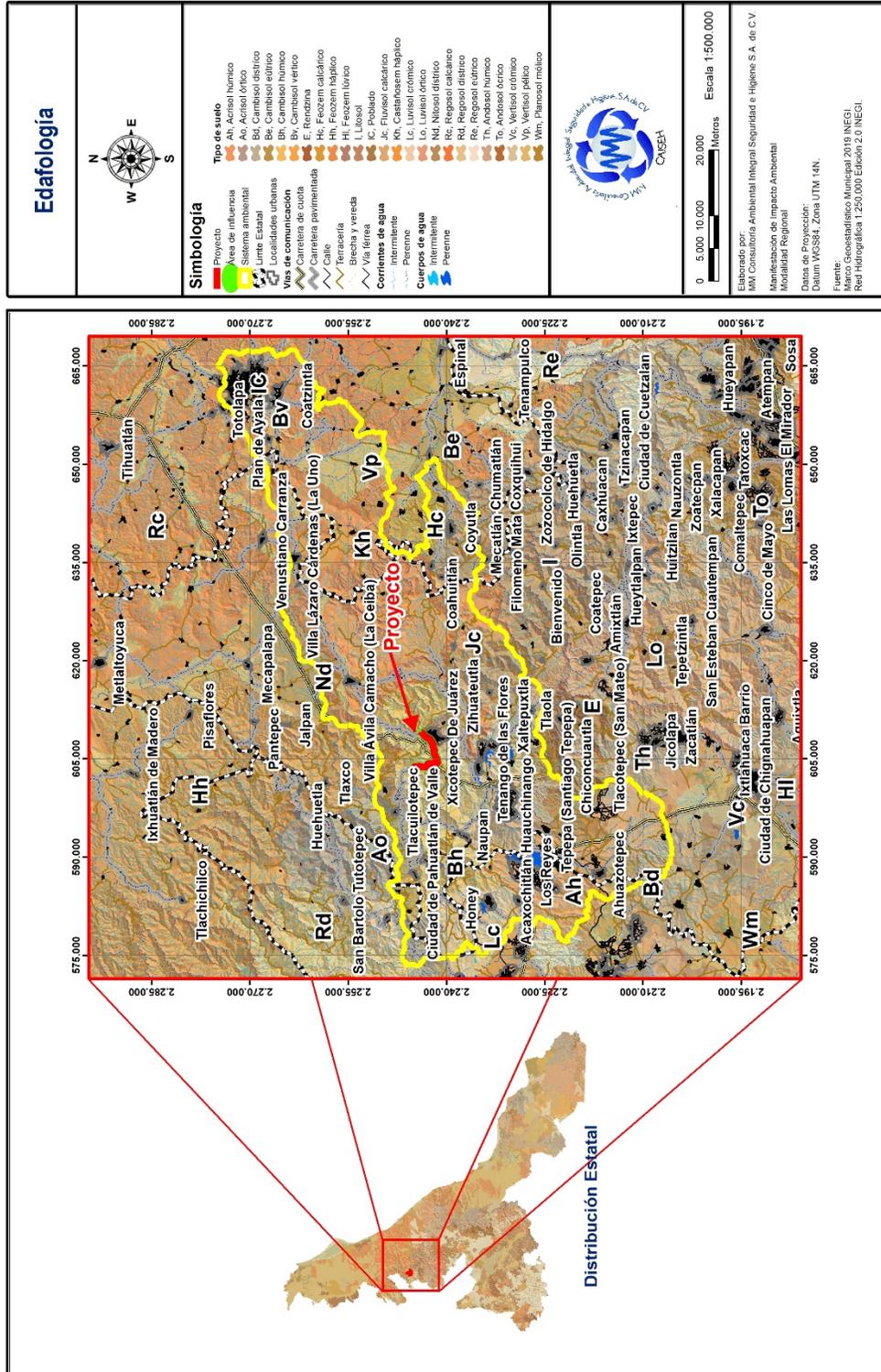
labranza. En estos suelos se produce la mayor parte de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Los tipos de suelos existentes en el área del proyecto son:

- **Cambisol Húmico (Bh).**- Cambisol con capa superficial oscura mayor de 25 cm de espesor, con buen contenido de materia orgánica, pero pobre en nutrientes o bases (Ca, Mg, K, Na).
- **Acrisol Húmico (Ah).**- Acrisol con moderado contenido de materia orgánica en la parte superior del horizonte B o hasta 100 cm de profundidad.

En la siguiente carta se observan los tipos de suelo presentes en el Sistema Ambiental, así como en el área del proyecto.

Carta 18. Edafología

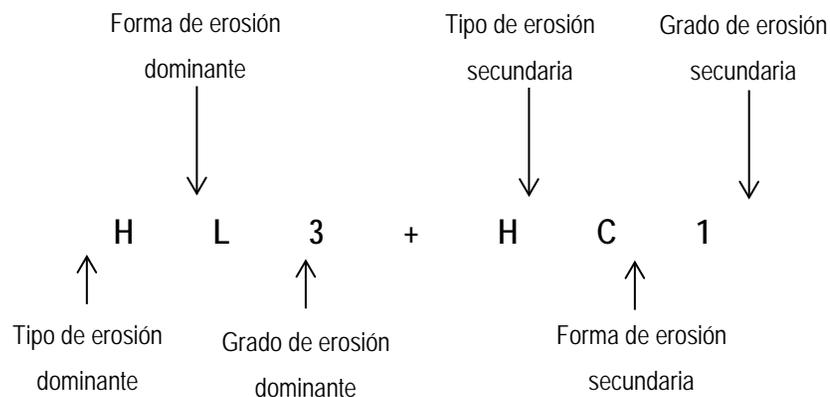


Erosión

La palabra erosión proviene del latín *erosio* que significa: el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del hombre. Es necesario conocer las características de la erosión del suelo para localizar y delimitar sus distintas formas y grados, ubicando con precisión las áreas más afectadas. Entender las causas que están provocando o acelerando el proceso de erosión, permitirá implementar las medidas de protección y conservación de este recurso.

La clasificación de la erosión incluye el análisis del tipo, forma y grado de erosión. Su correcta identificación es una de las bases para definir los indicadores de degradación en los ecosistemas y en los procesos de desertificación.

Para entender la carta de erosión de suelo es importante conocer la estructura de la clave de la Unidad de Erosión, que es la parte central de la información. En los polígonos pueden existir hasta dos tipos de erosión (dominante y secundaria), tal como se muestra en el siguiente ejemplo:



Con base en lo anterior, se señala que en el Sistema ambiental se pueden identificar los siguientes tipos de erosión:

- A.- Erosión Antrópica.
- HC3.- Erosión Hídrica de forma cárcava con grado fuerte.
- HL1.- Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve.
- HL1 + HC1.- Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve (dominante) e Hídrica de forma cárcava con grado leve (secundario).
- HL1 + HS1.- Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve (dominante) e Hídrica en forma de surcos con grado leve (secundario).
- HL2.- Erosión Hídrica de forma laminar con grado moderado.
- HL2 + HC1.- Erosión Hídrica de forma laminar con grado moderado (dominante) e Hídrica de forma cárcava con grado leve (secundario).

Erosión Antrópica (A).- Cuando el agente causal directo es el hombre, al modificar el paisaje natural de manera abrupta e irreversible (mediante la construcción de carreteras, presas, asentamientos urbanos, extracción de materiales, líneas de transmisión, gasoductos, entre otros), facilitando la acción directa de los agentes erosivos. En todos estos casos no son apreciables las formas típicas de erosión, ya que éstas son generadas por la remoción de suelo por medios mecanizados (arrastre, extracción, jales) y donde posteriormente se manifiesta alguna forma de erosión extrema.

Erosión Hídrica de forma cárcava con grado fuerte (HC3).- Se identifica en campo cuando la profundidad y el ancho de las cárcavas son mayores a 200 cm. La erosión se aprecia a menudo en forma ramificada, confluyendo en los cauces principales de los escurrimientos. La distribución en el área entre una cárcava y otra es de aproximadamente 10 a 30 m. Es frecuente la presencia de cárcavas secundarias de menor dimensión interconectadas a la red dominante de cárcavas. Pueden presentarse estructuras en forma de pedestales, que confluyen donde se unen los cauces, quedando expuestas las diferentes capas u horizontes del suelo.

Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve (HL1).- La pérdida de suelo es

poco apreciable, con alguna de las siguientes evidencias: encostramiento, capas delgadas de partículas de diferentes tamaños (arena, gravas) dispuestas sobre la superficie, pequeños montículos, no existen remontantes o su formación es muy incipiente, manchones sobresalientes de vegetación, indicios de actividad agropecuaria, canalillos y algún grado perceptible de compactación.

Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve (dominante) e Hídrica de forma cárcava con grado leve (secundario) (HL1 + HC1).- Respecto a la erosión dominante, es poco apreciable la pérdida de suelo, con alguna de las siguientes evidencias: encostramiento, capas delgadas de partículas de diferentes tamaños (arena, gravas) dispuestas sobre la superficie, pequeños montículos, no existen remontantes o su formación es muy incipiente, manchones sobresalientes de vegetación, indicios de actividad agropecuaria, canalillos y algún grado perceptible de compactación. En el caso de la erosión secundaria, el promedio de profundidad o ancho de las cárcavas está entre 50 y 100 cm. La separación entre una cárcava y otra es aproximadamente de 50 m o más por lo que se aprecian sólo de manera aislada, pueden incluir algunas cárcavas que también cumplen la definición de surcos.

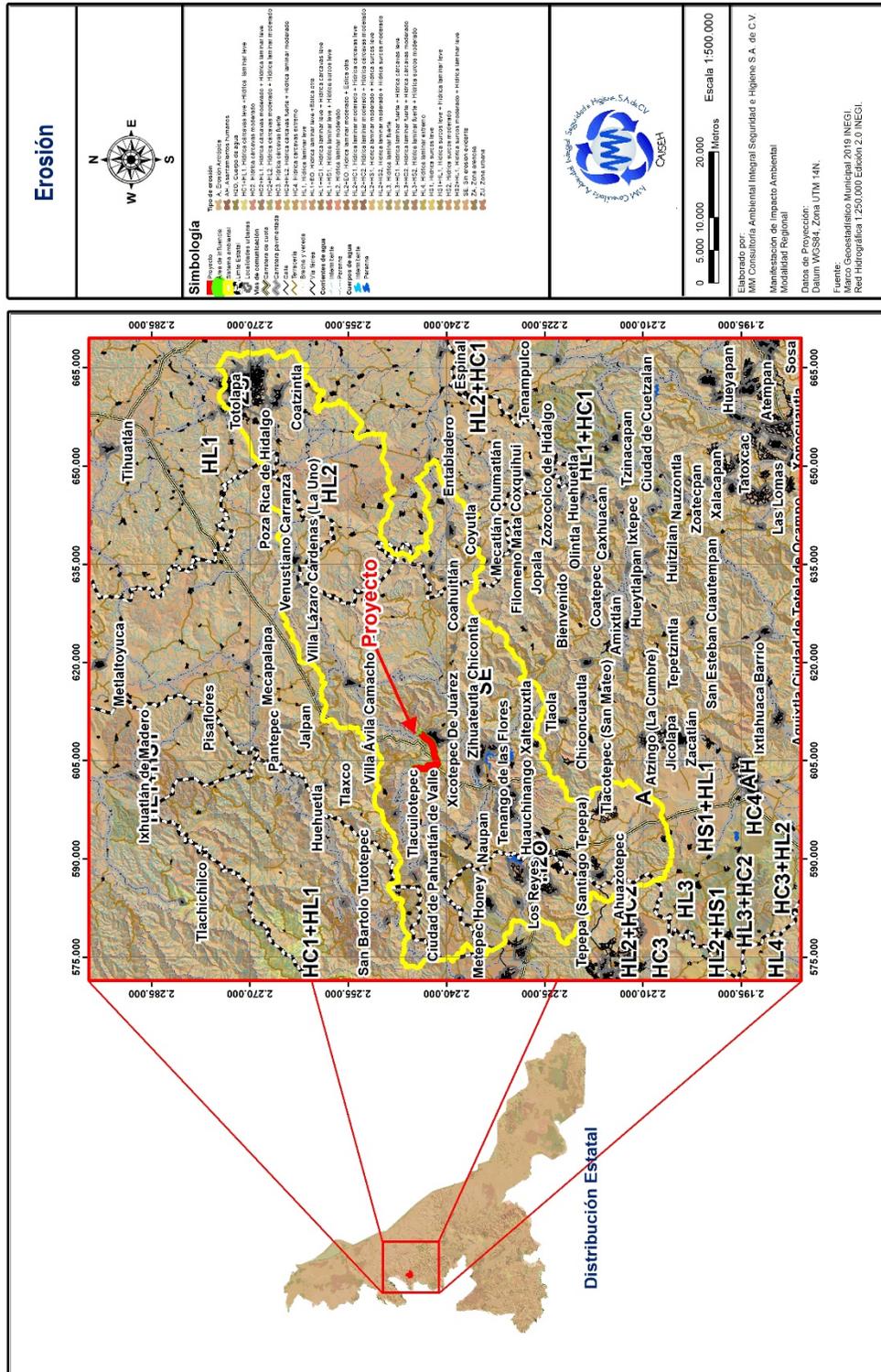
Erosión Hídrica de forma laminar con grado leve (dominante) e Hídrica en forma de surcos con grado leve (secundario) (HL1 + HS1).- En el caso de la erosión dominante, es poco apreciable la pérdida de suelo, con alguna de las siguientes evidencias: encostramiento, capas delgadas de partículas de diferentes tamaños (arena, gravas) dispuestas sobre la superficie, pequeños montículos, no existen remontantes o su formación es muy incipiente, manchones sobresalientes de vegetación, indicios de actividad agropecuaria, canalillos y algún grado perceptible de compactación. Para el tipo de erosión secundaria, la profundidad y ancho de los surcos es en promedio menor a 15 cm. Quedan incluidos dentro de este rubro la erosión en forma de canalillos, pueden aparecer alineados o ramificados. La distribución en el área entre un surco y otro es aproximadamente mayor a 50 m.

Erosión Hídrica de forma laminar con grado moderado (HL2).- Pérdida parcial del suelo con alguna de las siguientes evidencias: remontantes discontinuos con altura promedio menor a 10 cm, presencia de pequeños montículos, algunos surcos aislados incluso con cárcavas dispersas, escasos afloramientos de roca o cementación, manchones de vegetación, canalillos y compactación de suelo.

Erosión Hídrica de forma laminar con grado moderado (dominante) e Hídrica de forma cárcava con grado leve (secundario) (HL2 + HC1).- La erosión dominante presenta pérdida parcial del suelo con alguna de las siguientes evidencias: remontantes discontinuos con altura promedio menor a 10 cm, presencia de pequeños montículos, algunos surcos aislados incluso con cárcavas dispersas, escasos afloramientos de roca o cementación, manchones de vegetación, canalillos y compactación de suelo. Respecto a la erosión secundaria, el promedio de profundidad o ancho de las cárcavas está entre 50 y 100 cm. La separación entre una cárcava y otra es aproximadamente de 50 m o más por lo que se aprecian sólo de manera aislada, pueden incluir algunas cárcavas que también cumplen la definición de surcos.

En el área del proyecto se presenta el tipo de erosión **HL2 (Erosión Hídrica de forma laminar con grado moderado)**, descrita previamente.

Carta 19. Erosión



Degradación del Suelo

La degradación del suelo se define como los procesos, a veces inducidos por las actividades humanas, que disminuyen su productividad biológica, así como su capacidad actual y/o futura para sostener la vida.

Según el estudio más reciente y con mayor resolución sobre la degradación de los suelos del país, en el año 2002, el 44.9% de superficie nacional mostraba algún signo de degradación, siendo la degradación química y la erosión hídrica los procesos más importantes.

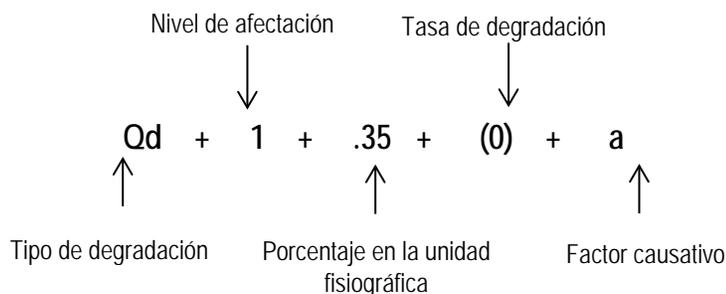
Respecto al nivel de degradación, el ligero y moderado alcanzan el 42.8% de la superficie del país y el 2.1% restante se divide entre los niveles fuerte y extremo. Las principales causas asociadas con la degradación son las actividades agrícolas y pecuarias y la deforestación. (SEMARNAT, 2009)

A continuación, se presentan los diferentes tipos de degradación presentes en el suelo del Sistema Ambiental:

- Fc1.60(+)**g**.- Compactación.
- Fc1.70(+)**g**.- Compactación.
- Fu4.100(+)**u**.- Pérdida de la función productiva.
- NUm.80.- Tierras sin uso – regiones áridas montañosas.
- Qd1.100(+)**a**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
- Qd1.100(0)**a**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
- Qd1.35(0)**a**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
- Qd1.40(+)**g/e**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
- Qd1.45(+)**a**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.

- Qd1.65(+)**a**.- Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
- SN.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.60.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.65.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.70.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.75.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.80.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.85.- Estable bajo condiciones naturales.
- SN.95.- Estable bajo condiciones naturales.

La clave de degradación de suelo se integra por los siguientes elementos: tipo de degradación, nivel de afectación, porcentaje en la unidad fisiográfica por el tipo de degradación, tasa de la degradación (rapidez o la velocidad de la degradación en los últimos 5 o 10 años o su tendencia) y las causas, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:



Fc1.60(+)g****.- Tipo de degradación, compactación. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 60%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, sobrepastoreo.

Fc1.70(+)g****.- Tipo de degradación, compactación. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 70%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, sobrepastoreo.

Fu4.100(+)u****.- Tipo de degradación, pérdida de la función productiva. Nivel de afectación de la degradación, extremo. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 100%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo,

urbanización.

NUm.80.- Tipo de degradación, tierras sin uso – regiones áridas montañosas. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 80%.

Qd1.100(+a)- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 100%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, actividades agrícolas.

Qd1.100(0)a.- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 100%. Tasa de degradación, sin cambios en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, actividades agrícolas.

Qd1.35(0)a.- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 35%. Tasa de degradación, sin cambios en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, actividades agrícolas.

Qd1.40(+g/e)- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 40%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, sobrepastoreo y sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico.

Qd1.45(+a)- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 45%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, actividades agrícolas.

Qd1.65(+a)- Tipo de degradación, declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica. Nivel de afectación de la degradación, ligero. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 65%. Tasa de degradación, con incremento ligero en los últimos 5 – 10 años. Factor causativo, actividades agrícolas.

SN.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 65%.

SN.60.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 60%.

SN.65.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 65%.

SN.70.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 70%.

SN.75.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 75%.

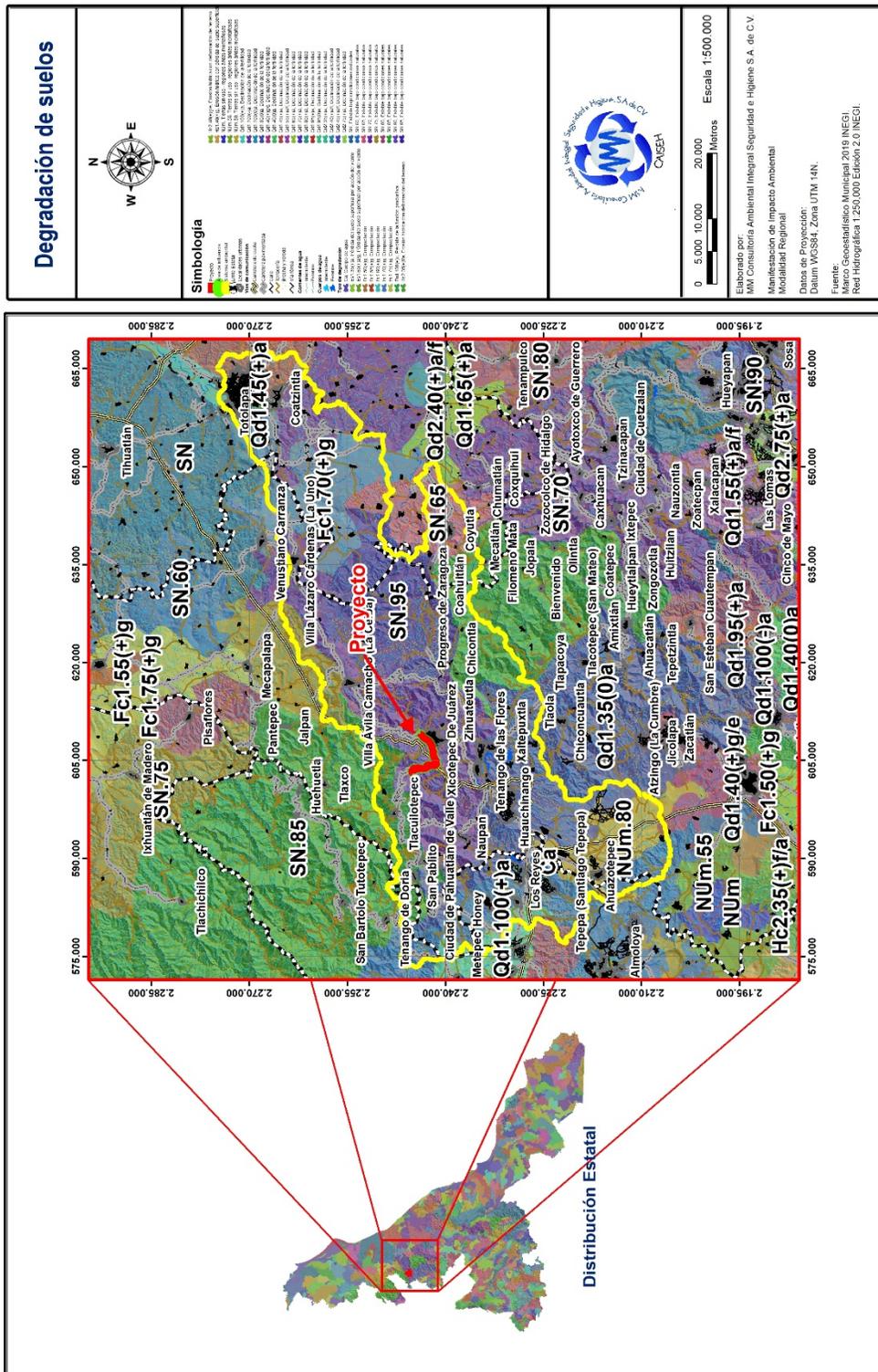
SN.80.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 80%.

SN.85.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 85%.

SN.95.- Tipo de degradación, estable bajo condiciones naturales. Porcentaje en la unidad fisiográfica, 95%.

En la zona del proyecto se presenta la degradación **SN.70.**

Carta 20. Degradación de suelos



Hidrología del sitio

El municipio pertenece a la vertiente septentrional del estado de Puebla, formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México, y que se caracteriza por sus ríos jóvenes e impetuosos, con una gran cantidad de caídas. El municipio es bañado por varios ríos importantes, que se describen a continuación:

El río San Marcos, que recorre todo el norte del municipio en dirección oeste-este, sirve de límite con Tlacuilotepec y Jalpan, y constituye el principal formador del Cazones, que desemboca en el Golfo. El río Metate recorre el oriente del municipio en dirección sur-norte, recibiendo a su paso las aguas de los ríos Cilima, Los Limones, Pita, Nactanca, Axocopatitla, y La Magdalena, antes de unirse al San Marcos. Los ríos Santa Luz, Amixtlán, El Metate y Noche Oscura bañan el noreste hasta unirse al San Marcos. Por último, el arroyo Sucio recorre la porción meridional y desemboca en el Necaxa, afluente del Tecolutla.

También cuenta con numerosos arroyos intermitentes, afluentes de los ríos mencionados.

Hidrología superficial

El Sistema Ambiental se localiza en la Región Hidrológica 27 Tuxpan – Nautla, en las cuencas del río Tecolutla, río Cazones y río Tuxpan y en las subcuencas del río Tecolutla, río Necaxa, río Laxaxalpan, río Cazones, río San Marcos, río Tenixtepec y río Pantepec. Las características de la Región Hidrológica y de las cuencas se describen a continuación:

Región Hidrológica 27 Tuxpan-Nautla

Se extiende en la Planicie Costera del Golfo Norte y parte de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental; ocupa casi todo el lado norte del estado de Puebla (24.56% de la

superficie de la entidad). Dentro del estado, el límite sur de la región está constituido por el parteaguas que forman las estribaciones más meridionales de la sierra Norte y que se extiende al noroeste de los poblados de Libres y Cuyoaco, así como al sur de Zaragoza y Teziutlán, sobre la vertiente norte de la caldera de los Humeros. Desde esta zona, la región se extiende hasta los estados de Veracruz-Llave e Hidalgo. En la entidad está representada por las cuencas (A), río Nautla; (B), río Tecolutla; (C), río Cazones y (O), río Tuxpan.

Esta zona es la más lluviosa del estado; se registran precipitaciones de lluvia entre 1,500 a 3,000 mm al año; en el área de Cuetzalan se tienen medias anuales de más de 4,000 mm, pero se han llegado a registrar hasta 6 m. La temperatura media anual, oscila desde 14°C en las partes más altas de la sierra, hasta 24°C en los dominios de la planicie costera.

El coeficiente de escurrimiento alcanza en general, valores altos, dadas las abruptas pendientes y la creciente deforestación; fluctúa de 10 a más de 30% para la mayor parte de la región. Estas condiciones propician un escurrimiento anual en esta área de aproximadamente 6,697 mm, que es casi 60% del escurrimiento virgen de toda la entidad. De este volumen, 4,333 mm³ anuales fluyen al estado de Veracruz-Llave, aunque se reciben aportaciones de Tlaxcala e Hidalgo, por 423 mm³.

Cuenca (27B) río Tecolutla

Abarca la mayor parte de la sierra Norte de Puebla; se extiende desde el límite sur de la región hidrológica, hasta la altura de las localidades de Zihuateutla, Xicoteppec de Juárez y Huauchinango y ocupa una superficie en el estado, de 17.46%, aproximadamente. Las corrientes derivadas de esta zona confluyen para formar el caudaloso río Tecolutla en Veracruz. Estas corrientes y sus áreas de captación pluvial, constituyen las subcuencas: A, río Tecolutla; B, río Necaxa; C, río Laxaxalpan; O, río Tecuantepec; E, río Apulco y F, río Joloapan.

El rango de escurrimiento es variable, aunque en general se estima de 10 al 20% dadas las fuertes pendientes que predominan en la zona, aún cuando exista una cubierta de vegetación espesa. En las zonas desforestadas, que desafortunadamente van en aumento, dicho rango llega a ser de más de 30%. Esta situación provoca efectos negativos inmediatos, como son: la erosión del suelo, un más rápido ensolvamiento de los bordos y presas, así como el recrudescimiento de los efectos de las inundaciones durante los intensos períodos de lluvias, especialmente los relacionados con la presencia de huracanes.

Esta zona alberga un buen número de embalses de importancia dentro del estado, dada la presencia de abundantes corrientes permanentes. Entre los de mayor capacidad, figuran los siguientes: Los Reyes (Omiltepec), La Laguna (Tejocotal), Necaxa, Nexapa, Tenango y La Soledad; todas ellas con una capacidad de almacenamiento superior a los 15 mm³. El uso al que se destinan estos embalses es la generación de energía eléctrica.

Cuenca (27C) río Cazonos

En territorio poblano, está representada por dos subcuencas A, río Cazonos y B, río San Marcos, integradas a su vez, por múltiples escurrimientos menores. La corriente de la última subcuenca nace en la sierra de Puebla, a partir de la unión de los ríos Chila y Naupan.

Las dos subcuencas suman cerca de 3.70% del territorio estatal. El rango de escurrimiento en la cuenca es alto y en general, va de 20 a más de 30%.

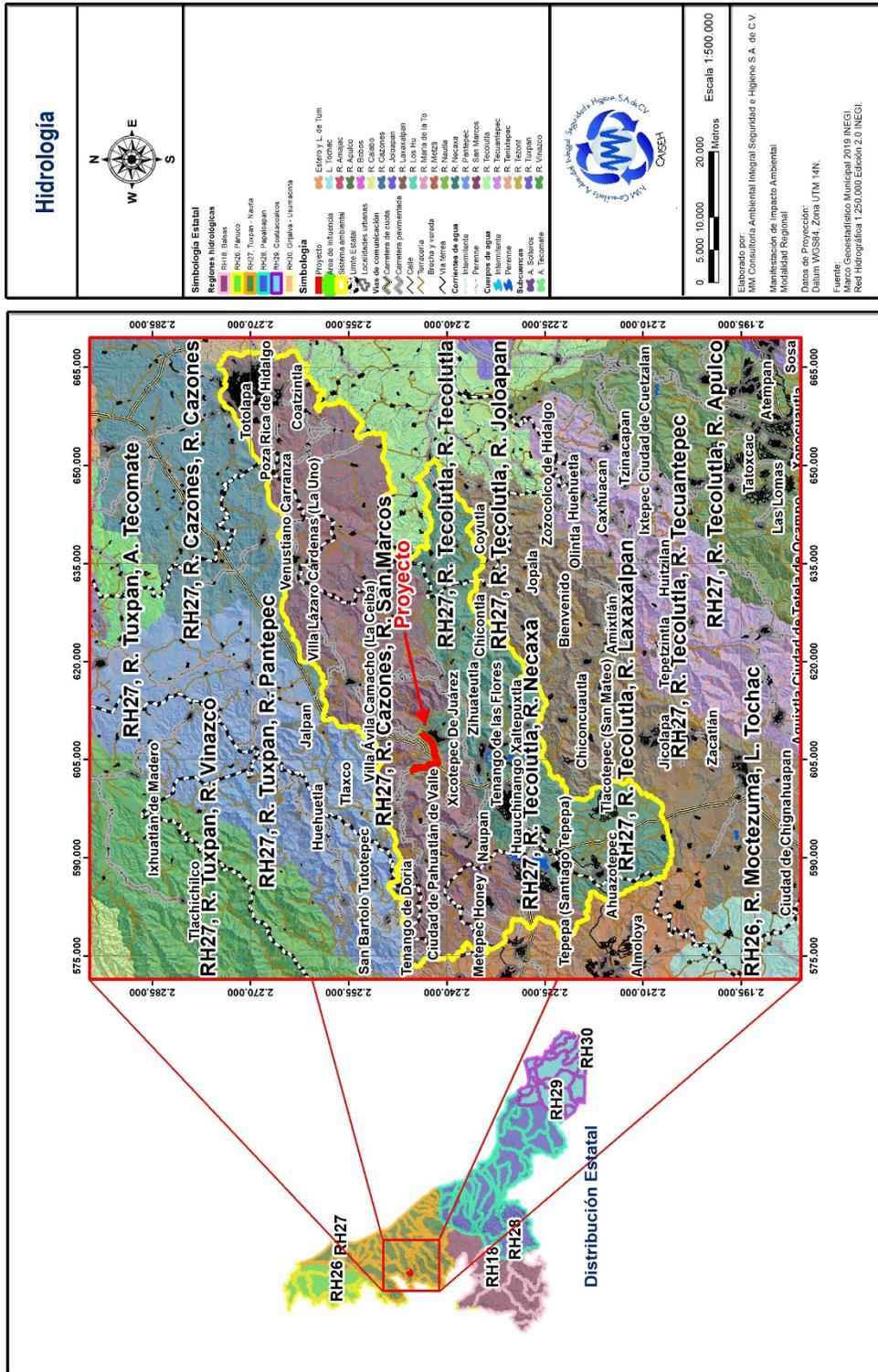
Cuenca (270) río Tuxpan

Localizada en el extremo septentrional de la entidad, cubre 2.6% de la superficie estatal, la constituyen parcialmente en el estado las subcuencas: A, río Tuxpan; O, río Pantepec y E, río Tecomate. La corriente de mayor importancia es el río Pantepec. En esta

zona, los rangos de escurrimiento del terreno varían, predominantemente de 20 a 30% en las partes bajas de las sierras, y se incrementa a más de 30% en las porciones más abruptas; solamente en las llanuras de inundación de las principales corrientes, se tienen valores de 5 a 10%. La altura de lluvia registrada al año oscila de 1,500 a 2,500 mm. El gasto medio de sus corrientes es alrededor de 101.84 m³ /seg, que corresponde a 44% de los escurrimientos de la entidad.

En la siguiente carta se observa la ubicación del proyecto respecto a las cuencas y subcuencas mencionadas.

Carta 21. Hidrología



Permeabilidad

La permeabilidad se define como la capacidad que tienen los diversos materiales geológicos (rocas y suelos) de permitir el paso de fluidos a través de ellos, que pueden ser petróleo, y en el caso del presente estudio, el agua. Para determinar la capacidad de los materiales geológicos para permitir el paso de fluidos, se agruparon a las rocas o suelos en tres categorías o rangos de permeabilidad, según la capacidad de estos materiales para transmitir y almacenar el agua subterránea.

Se hace también una distinción entre materiales consolidados (roca coherente) y no consolidados (materiales sueltos). La clasificación se basa en las características físicas de los materiales, como son: porosidad, grado y carácter del fracturamiento, grado de alteración, tamaño de las partículas, cementación, compacidad, grado de disolución, entre otros. Los rangos manejados son: **BAJA, MEDIA y ALTA**, tanto para materiales consolidados como no consolidados.

Con base en lo anterior, se indica que el Sistema Ambiental se localiza en las tres Unidades Geohidrológicas de Permeabilidad (**alta, media y baja**), mientras que el proyecto se ubica en dos de las unidades (**media y baja**).

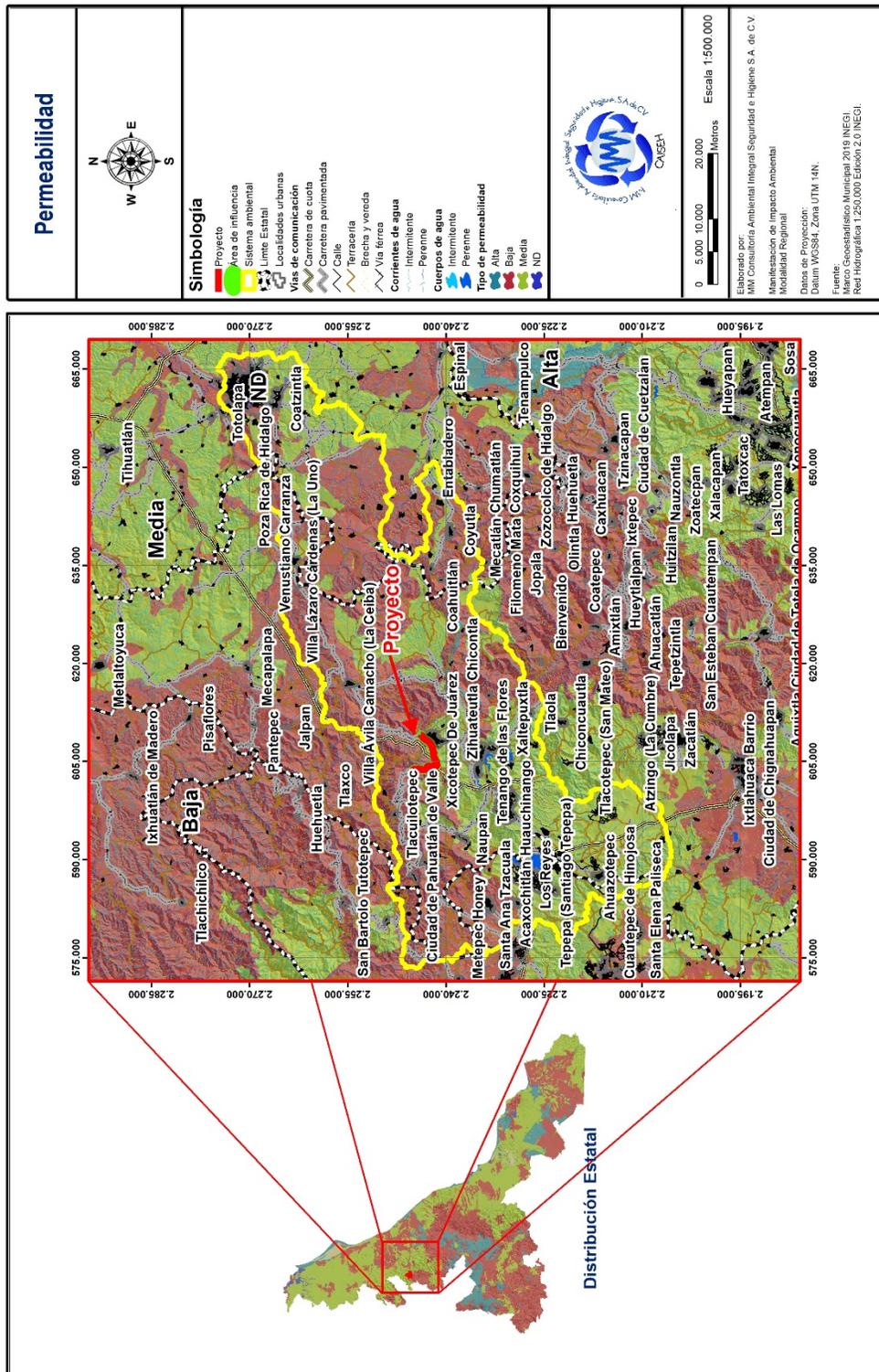
Materiales con Permeabilidad Alta. Comprende rocas con alta porosidad, fracturas abiertas e intercomunicadas entre sí, libres de obstrucciones como arcillas o vetillas. Dentro de este rango se incluyen a sedimentos aluviales y depósitos piroclásticos no consolidados de tamaño grueso y medio, como gravas y arenas, que pueden tener una cantidad despreciable de arcillas. Estos materiales (si su extensión y posición topográfica y estratigráfica así lo permiten), son capaces de almacenar agua y funcionar como acuíferos de excelente rendimiento. En otro caso, si estas rocas y materiales granulares se encuentran en zonas montañosas, pueden servir como áreas de infiltración o recarga y transmitir el agua hacia los valles.

Materiales con Permeabilidad Media. Pertenecen a este rango, las rocas con porosidad y fracturamiento moderados, así como los materiales granulares con una proporción considerable de arcillas, pero que pueden permitir un flujo moderado de agua a través de ellas. Estas unidades pueden constituir buenas zonas de recarga y acuíferos de rendimiento modesto, como para abastecer a pequeñas localidades y admitir el desarrollo de actividades agropecuarias de pequeña escala.

Materiales con Permeabilidad Baja. Son rocas muy compactas o cementadas, que por su baja o casi nula porosidad, o por su fracturamiento escaso, cerrado, sellado o superficial, se comportan como una barrera prácticamente impermeable a el paso del agua. Los sedimentos con predominio arcilloso, se comportan de manera similar (pueden absorber agua pero no permitir su flujo). En estos materiales, no pueden prosperar aprovechamientos de agua subterránea. Se consideran aquí a las rocas ígneas intrusivas ácidas del Terciario que se hallan en el área de Totoltepec, Chiauzumba y Ometepec, lo mismo que las rocas metamórficas paleozoicas que dominan en la región de la mixteca y afloran en una pequeña zona a unos 10 km al norte de Tlatlauquitepec. Se incluyen a las cataclasitas de presumible edad cretácica que ocupan una extensa franja de la sierra Mazateca, así como a las unidades sedimentarias arcillosas del Terciario Inferior que se distribuyen en los extremos norte y noreste de Puebla.

En la siguiente carta se muestra gráficamente la distribución de la permeabilidad en el Sistema Ambiental.

Carta 22. Permeabilidad



IV.2.1.2. Medio biótico

a) Vegetación en el SAR

De acuerdo al mapa "Uso de Suelo y Vegetación Serie VI escala 1:250,000, cobertura preparada para el análisis de cambio de uso de suelo" elaborado entre el periodo 2014 y 2017 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los tipos de uso de suelo y vegetación existentes en el Sistema Ambiental son:

Desprovisto de Vegetación (ADV).- Superficie donde la vegetación natural o inducida ha sido eliminada por diferentes actividades humanas.

Asentamientos Humanos (AH).- Existen muchos tipos de asentamientos, los que se distinguen principalmente en un espacio urbano o rural. El asentamiento más común en las zonas urbanas sucede en la ciudad y las rurales en los pueblos y aldeas.

Los espacios urbanos se distinguen por la presencia de una alta densidad de población, por tener gran infraestructura y los servicios necesarios para este tipo de asentamientos, y estar enfocadas a actividades económicas como las industrias y servicios.

Bosque Cultivado (BC).- Es aquel que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, con especies exóticas. Los fines de estas plantaciones son el recreativo, ornamental y forestal, además de conservar medio ambiente, así como evitar la erosión del suelo. Según la adaptabilidad, éstas son algunas de las especies que más se cultivan: pino (*Pinus spp.*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*), cedro (*Cupressus spp.*), casuarina (*Casuarina sp.*), pirul (*Schinus molle*), álamo o chopo (*Populus*

spp.), fresno (*Fraxinus* sp.), aïle (*Alnus* sp.), entre otros.

Bosque Mesófilo de Montaña (BM).- Su distribución en México es limitada y fragmentaria, en la vertiente Este de la Sierra Madre Oriental existe una franja angosta que se extiende desde Tamaulipas hasta el Norte de Oaxaca , incluyendo parte de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz; en Chiapas, en la vertiente septentrional de la Sierra de Chiapas y Guatemala y en ambos declives de la Cordillera Centroamericana; en la vertiente del Pacífico la distribución es más dispersa, desde el Norte de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán; en la Cuenca del Balsas; relictualmente en el Valle de México y en la vertiente exterior de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca se presentan manchones continuos.

Fisonómicamente es un bosque denso que se desarrolla en regiones de relieve accidentado y laderas de pendiente pronunciada, es frecuente encontrarlo en cañadas protegidas de los vientos y fuerte insolación, en altitudes entre 800 a 2,700 m, donde se forman las neblinas durante casi todo el año, en zonas con una precipitación media anual superior a los 1,000mm y con una temperatura media anual que varía de 12 a 23°C. El clima más característico es el Cf, aunque en ocasiones prospera en climas Af, Am, y aún Aw y Cw. Se desarrolla en sustratos de caliza y sobre laderas de cerros andesíticos y basálticos, en suelos someros o profundos, con abundante materia orgánica en los horizontes superiores, generalmente ácidos y húmedos durante todo el año. El Bosque Mesófilo de Montaña posee estructura, afinidad florística y composición de especies muy diversa, en México se caracteriza por presentar en su dosel una composición de especies donde predominan árboles de hoja perenne y caducifolios de clima templado con alturas de 10 a 25 m y aún mayores, como micoxcuáhuatl (*Oreomunnea mexicana*), lechillo (*Carpinus caroliniana*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), encino, roble (*Quercus* spp.), pino, ocote (*Pinus* spp.), tila (*Ternstroemia pringlei*), jaboncillo (*Clethra* spp.), *Podocarpus* spp., *Styrax* spp., *Ulmus mexicana*, *Juglans* spp., *Dalbergia* spp., *Eugenia* spp., *Ostrya virginiana*, *Meliosma* spp., *Chiranthodendron pentadactylon*, *Prunus* spp., *Matudaea trinervia* y *Acer skutchii* , mientras

el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perennifolias, como por ejemplo arbustos de los géneros *Archibaccharis* sp., *Celastrus* sp., *Clematis* sp., *Gelsemium* sp., *Parthenocissus* sp., *Philadelphus* sp., *Rhus* sp., *Smilax* sp., *Vitis* sp., etc., en las copas de los árboles abundan las epífitas debido a la alta humedad atmosférica y a las abundantes lluvias, de las familias *Orchidaceae*, *Bromeliaceae*, *Piperaceae* y *Araceae*. Una de las características más sobresalientes de este bosque es el alto número de endemismos que alberga. Se puede encontrar alrededor del 11% de las especies de plantas de todo el país.

Bosque de Pino (BP).- Comunidades vegetales que se localizan en las cadenas montañosas de todo el país, desde Baja California hasta Chiapas, y una pequeña población en Quintana Roo. Las áreas de mayor importancia se localizan en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. Los climas en donde se desarrollan son templado y semicálido subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura media anual que varía de 6 a 28°C y una precipitación anual que oscila entre 350 a 1,200 mm. Se encuentra de los 150 m de altitud hasta los 4,200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea, en pendientes que van de 10 a 75%, en diferentes exposiciones, aunque prefieren las que están orientadas hacia el norte.

Este bosque se establece sobre rocas ígneas, gneis y esquistos, y con menos frecuencia en lutitas, areniscas y calizas, en cambisoles, lept soles, luvisoles, phaeozems, regosoles, umbrisoles, y otros tipos de suelo. Dominan especies de pino con alturas promedio de 15 a 30 m, su estrato inferior es relativamente pobre en arbustos, pero con abundantes herbáceas, esta condición se relaciona con los frecuentes incendios y la tala inmoderada. Los árboles de pino poseen hojas perennifolias, con una época de floración y fructificación heterogénea, debido a las diferentes condiciones climáticas en las que se presenta.

Las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*),

ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*.

Bosque de Pino-Encino (BPQ).- Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2,500 mm anuales. Se concentran entre los 1,200 y los 3,200 m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros.

Alcanzan alturas de 8 a 35 m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año.

Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino (*P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (*P. devoniana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucoides*, y *Q. scytophylla*, entre otras muchas especies de

encinos.

Bosque de Encino-Pino (BQP).- Comunidad que se distribuye principalmente en los sistemas montañosos del país, concentrándose la mayor parte en: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur y en menor proporción Sierra Madre Oriental, Cordillera Centroamericana, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro y Península de Baja California.

Se desarrolla en climas templados, semifríos, semicálidos, cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con una temperatura que oscila entre los 10 y 28°C y una precipitación total anual que varía desde los 600 a 2,500 mm, en cuanto a la altitud oscila desde los 300 y 2,800 m. La exposición puede presentarse desde plana hasta aquellas que están orientadas hacia el norte, sur, este y oeste. El sustrato donde se desarrolla esta comunidad es de origen ígneo como tobas y riolitas y sedimentarias como las calizas principalmente, se establecen en suelos como leptosoles, luvisoles, regosoles, phaeozem y en menor proporción los durisoles y umbrisoles.

Estas comunidades están conformadas por encinos (*Quercus* spp.), y en proporción algo menor de pinos (*Pinus* spp.). Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino con una altura de 8 a 35 m. Son árboles perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variable durante todo el año.

Las especies más representativas en estas comunidades son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino nopis (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), roble (*Q. crassifolia*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmolillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), charrasquillo (*Q. microphylla*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), laurelillo (*Q. mexicana*), *Q. glaucooides*, *Q. scytophylla*, pino chino (*Pinus leiophylla*),

ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino escobetón (*P. devoniana* (*P. michoacana*)), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmanni*, *P. lawsonii*, y *P. oaxacana*.

Agricultura de Humedad Anual (HA).- Este tipo de agricultura se desarrolla en zonas donde se aprovecha la humedad del suelo, independientemente del ciclo de las lluvias y que aún en época seca conservan humedad, por ejemplo las zonas inundables, como pueden ser los lechos de los embalses cuando dejan de tener agua.

Pastizal Cultivado (PC).- Es el que se ha introducido intencionalmente en una región y para su establecimiento y conservación se realizan algunas labores de cultivo y manejo. Son pastos nativos de diferentes partes del mundo como: *Digitaria decumbens* (Zacate Pangola), *Pennisetum ciliaris* (Zacate Buffel), *Panicum maximum* (Zacate Guinea o Privilegio), *Panicum purpurascens* (Zacate Pará), entre otras muchas especies.

Estos pastizales son los que generalmente forman los llamados potreros en zonas tropicales, por lo general con buenos coeficientes de agostadero.

Pastizal Inducido (PI).- 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.

De esta manera se tiene la categoría de pastizales inducidos que prosperan una vez destruidos los bosques de pino y de encino, característicos de las zonas montañosas de México. En altitudes superiores a 2,800 m las comunidades secundarias frecuentemente son similares a la pradera de alta montaña, formadas por gramíneas altas que crecen en extensos macollos. Los géneros *Festuca*, *Muhlenbergia*, *Stipa* y *Calamagrostis* son los más típicos de estos pastizales que, además de su interés ganadero, son aprovechados también a través de la extracción de la raíz de zacatón, materia prima para la elaboración de escobas que proporcionan las partes subterráneas de *Muhlenbergia macroura*.

Por debajo de los 3,000 m de altitud, los pastizales inducidos derivados de los bosques de encino y pino, son mucho más variados y en general no presentan la fisonomía de macollos muy amplios. Muchas veces son análogos en su aspecto a los pastizales clímax de las regiones semiáridas, pudiendo variar de bajos a bastante altos, a menudo en función del clima. Entre los géneros a los que pertenecen las gramíneas dominantes pueden citarse: *Andropogon*, *Aristida*, *Bouteloua*, *Bromus*, *Deschampsia*, *Hilaria*, *Muhlenbergia*, *Stipa*, *Trachypogon* y *Trisetum*.

Menos frecuentes o quizá menos fáciles de identificar son los pastizales originados a expensas de matorrales xerófilos y aún de otros pastizales. Del Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas, incluyen un gran número de gramíneas anuales. Los géneros *Buchloë*, *Erioneuron*, *Aristida*, *Lycurus* y *Bouteloua* contienen con frecuencia las especies dominantes.

Otro grupo de pastizales inducidos que destacan mucho, son los que se observan en

medio de la Selva Baja Caducifolia, sobre todo en la vertiente pacífica, donde aparentemente prosperan como consecuencia de un disturbio muy acentuado. Casi siempre se ven en las cercanías de los poblados y se encuentran tan intensamente pastoreados que durante la mayor parte del año la cubierta vegetal herbácea no pasa de una altura media de 5cm. Son sometidos a fuegos frecuentes y la acción del pisoteo parece ser uno de los principales factores de su existencia. El largo periodo de sequía hace que tengan un color amarillo pajizo durante más de 6 meses. Las especies dominantes más comunes pertenecen aquí a los géneros: *Bouteloua*, *Hilaria*, *Trachypogon* y *Aristida*. También son abundantes algunas leguminosas.

Otra comunidad de origen análogo es la que prospera principalmente del lado del Golfo de México en zonas húmedas, en el que la vegetación clímax, corresponde al Bosque Mesófilo de Montaña, casi siempre sobre laderas muy empinadas de las sierras. A diferencia del pastizal anterior, este permanece verde durante todo el año, pero de igual manera se mantiene bastante bajo. En general cubre densamente el suelo pero por lo común da la impresión de estar sobrepastoreado. Las gramíneas más comunes pertenecen aquí a los géneros *Axonopus*, *Digitaria* y *Paspalum*.

Algunas otras especies de gramíneas que llegan a formar comunidades de pastizal inducido, son: *Aristida adscensionis* (Zacate tres barbas), *Dasyochloa pulchella* (Zacate borreguero), *Bouteloua simplex*, *Paspalum notatum* (Zacate burro), *Cenchrus* spp. (Zacate cadillo o Roseta), *Muhlenbergia phleoides*, *Enneapogon desvauxii* y otros. No es rara la presencia ocasional de diversas hierbas, arbustos y árboles.

Selva Baja Caducifolia (SBC).- Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1,500 mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa.

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, rara vez hasta 2,000 m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en la vertiente del golfo no se le ha observado arriba de 800 m la cual se relaciona con las bajas temperaturas que ahí se tienen si se le compara con lugares de igual altitud de la vertiente del pacífico.

Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15 m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

En este tipo de selva son comunes: *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba* sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia penguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobombax* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, cuéramo); *Havardia acatlensis* (barbas de chivo); *Amphipterygium adstringens* (cuachalalá); *Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Ocotea tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea inermis*, *Lysiloma acapulcense*, *Zuelania guidonia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea plibilis*, *Guaiacum sanctum*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Diospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Maclura tinctoria*, *Metopium brownei*, *Parmenteria aculeata*, *Piscidia piscipula*, *Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), *Heliocarpus terebinthinaceus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Haematoxylum campechianum*, *Ceiba acuminata* (mosmot o lanita), *Cochlospermum vitifolium*, *Pistacia mexicana* (achín), *Bursera bipinnata* (copalillo), *Sideroxylon celastrinum* (rompezapote), *Gyrocarpus jatrophiifolius* (tincui, San Felipe), *Swietenia humilis* (caoba), *Bucida machrostachya* (cacho de toro), *Euphorbia pseudofulva*

(cojambomó de montaña), *Lonchocarpus longipedicellatus*, *Hauya microcerata* (yoá), *Colubrina arborescens* (cascarillo) *Lonchocarpus minimiflorus* (ashicana), *Ficus aurea* (higo), *Gymnopodium floribundum* (aguana), *Leucanea collinsii* (guaje), *Leucanea esculenta* (guaje blanco), *Lysiloma microphyllum*, *Jatropha cinerea*, *Cyrtocarpa edulis*, *Bursera laxiflora*, *Lysiloma candidum*, *Cercidium peninsulare*, *Leucaena lanceolata*, *Senna atomaria*, *Prosopis palmeri*, *Esenbeckia flava*, *Sebastiania bilocularis*, *Bursera microphylla*, *Plumeria rubra*, *Bursera odorata*, *Bursera excelsa* var. *Favonialis* (copal), *Bursera fagaroides* var. *elongata* y *Bursera fagaroides* var. *purpusii*, *Comocladia engleriana*, *Cyrtocarpa procera*, *Lonchocarpus eriocarinalis*, *Pseudosmodingium perniciosum*, *Spondias purpurea*, *Trichilia americana*, *Bursera longipes*, *B. morelensis*, *B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. copallifera*, *B. vejarvazquesii*, *B. submoniliformis*, *B. bipinnata*, *B. bicolor*, *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia*, *Ipomoea murucoides*, *Merremia aegyptia*, *I. wolcottiana*, *I. arborescens*, *Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Thevetia ovata*, *Indigofera platycarpa*, *Calliandra grandiflora*, *Celtis iguanaea*, *Diphysa floribunda*, *Bonellia macrocarpa*, *Malpighia mexicana* *Pseudobombax ellipticum*, *Crateva palmeri*, *C. tapia*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata*, *Parkinsonia florida*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Licania arborea*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Zygia conzattii*, *Achatocarpus nigricans* (limoncillo), *Coccoloba caracasana* (papaturo), *C. floribunda* (carnero), *Randia armata* (crucecita), *Rauvolfia tetraphylla* (coralillo), *Trichilia hirta*, *T. trifolia* (mapahuite); además, de cactáceas como *Pereskia lychnidiflora*, *Pachycereus* sp. (cardón); *Stenocereus* sp., *Cephalocereus* spp, *Pilosocereus gaumeri*, *Stenocereus griseus*, *Acanthocereus tetragonus*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Pterocereus gaumeri*. Los bejucos son abundantes y las plantas epífitas se reducen principalmente a pequeñas bromeliáceas como *Tillandsia* sp., cactáceas y algunas orquídeas.

Es una de las selvas de mayor distribución en México, cubre grandes extensiones desde el sur de Sonora y el suroeste de Chihuahua hasta Chiapas en la vertiente del Pacífico. Hasta la altura del estado de Sinaloa esta comunidad se restringe a la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental sin penetrar a la planicie costera. Más al sur se extiende desde el litoral hasta las serranías próximas con penetraciones a lo largo de

algunos ríos como el Balsas y sus afluentes (Michoacán, Guerrero, Morelos y Puebla). En el istmo de Tehuantepec la selva traspasa el parteaguas y ocupa una gran parte de la depresión central de Chiapas. La península de Baja California en su parte sur presenta un área aislada que se localiza en las partes inferiores y medias de las sierras de La Laguna.

En la vertiente del golfo esta selva se localiza en tres áreas Sur del estado de Tamaulipas, sureste del estado de San Luis Potosí y extremo norte de Veracruz y noreste de Querétaro. En el centro de Veracruz en una área situada entre Nautla, Alvarado, Jalapa y Tierra Blanca pero sin abarcar estas localidades pero si las inmediaciones de puerto de Veracruz. En la parte norte de la península de Yucatán ocupando la mayor parte del estado de Yucatán y una parte de estado de Campeche.

Agricultura de Temporal (TA).- Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo.

Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola. Pueden ser áreas de monocultivo o de policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

En casos muy particulares, como es el cultivo del cafeto, cacao y vainilla, que se desarrollan a la sombra de árboles naturales y/o cultivados, su delimitación cartográfica es muy difícil por medio de sensores remotos de baja resolución por lo que su caracterización se realiza con el apoyo de la observación de campo.

También es común encontrar zonas abandonadas con los cultivos mencionados y en donde las especies naturales han restablecido su sucesión natural al desaparecer la influencia del hombre; en estas condiciones las áreas se clasifican como vegetación natural de acuerdo a su fase sucesional o como vegetación primaria si predominan componentes arbóreos originales. Un ejemplo lo tenemos en condiciones de Selva Alta-Mediana Perennifolia y Subperennifolia o en Bosques Mesófilos de Montaña.

Respecto a su temporalidad, se consideran los siguientes tipos:

- **Anual:** su ciclo vegetativo no es mayor a un año.
- **Semipermanente:** el periodo de su ciclo vegetativo dura entre 2 y 10 años.
- **Permanente:** su ciclo vegetativo es mayor a diez años.

Los siguientes tipos de vegetación descritos se encuentran en la fase de vegetación secundaria.

Fase de la vegetación secundaria

En las comunidades vegetales en forma natural existen elementos de disturbio que alteran o modifican la estructura o incluso cambian la composición florística de la comunidad, entre alguno de esos elementos podemos citar: incendios, huracanes, erupciones, heladas, nevadas, sequías, inundaciones, deslaves, plagas, variaciones climáticas, etcétera.

Así, las comunidades vegetales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística de manera muy heterogénea, de acuerdo a la intensidad del elemento de disturbio, la duración del mismo y sobre todo de la ubicación geográfica del tipo de vegetación.

A lo largo de miles de años varias especies se han adaptado a cubrir, por decirlo de alguna manera, esas áreas afectadas en las cuales las condiciones ecológicas particulares de la comunidad vegetal se han alterado. En general cada comunidad vegetal tiene un grupo de especies que cubren el espacio alterado, son pocas las especies que tienen un amplio espectro de distribución y aparecen en cualquier área perturbada.

Estas especies forman fases sucesionales conocidas como “Vegetación Secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

Actualmente y a causa de la actividad humana, la definición y delimitación de vegetación secundaria se ha vuelto más compleja, ahora las áreas afectadas ocupan grandes superficies y variados ambientes, ya no son tan localizadas y a veces la presión es tanta que inhibe el desarrollo de la misma provocando una vegetación inducida.

A causa de la complejidad para definir los tipos de fases sucesionales, dada su heterogeneidad florística, ecológica y su difícil interpretación, aún en campo; con base en las formas de vida presentes y su altura, se consideran tres fases:

- Vegetación Secundaria herbácea
- Vegetación Secundaria arbustiva
- Vegetación Secundaria arbórea

Selva Alta Perennifolia (SAP).- Es el tipo de vegetación más exuberante y de mayor desarrollo de México, sus árboles dominantes sobrepasan los 30 m de altura y durante todo el año conservan el follaje.

Se presenta en las zonas más húmedas con clima A y Cw que tienen precipitaciones anuales promedio superiores a 2,000 mm (hasta 4,000 mm), temperatura media anual mayor

de 20°C. Se encuentra en lugares con altitudes de 0 a 1,500 m y se desarrolla mejor sobre terrenos planos o ligeramente ondulados. Los materiales geológicos de los que se derivan los suelos que habita este tipo de vegetación son principalmente de origen ígneo (cenizas o más raramente basalto) o bien de origen sedimentario calizo (margas y lutitas). Se desarrolla mejor sobre suelos aluviales profundos y bien drenados. Se distribuyen en parte de la planicie costera y vertiente del Golfo de México: Veracruz, Oaxaca, Chiapas, suroeste de Campeche y porciones de Tabasco con buen drenaje.

Actualmente se le encuentra mejor conservada en la región Lacandona, norte de Chiapas, algunos enclaves de la Llanura Costera del Golfo Sur y en las estribaciones inferiores de la Cordillera Centroamericana.

En este tipo de vegetación son importantes las siguientes especies: *Terminalia amazonia* (kanxa'an, sombrerete); *Vochysia guatemalensis* (palo de agua), *Andira galeottiana* (macayo), *Sweetia panamensis* (chakte'), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Swietenia macrophylla* (punab, caoba); *Guatteria anomala* (zopo), *Pterocarpus rohrii* (chabekte), *Brosimum alicastrum* (ramón, ox); *Ficus* sp. (matapalo); *Dialium guianense* (guapaque). También hay bromeliáceas epífitas del género *Aechmea*, *Tillandsia*, orquídeas, líquenes incrustados en los troncos de los árboles y epífitas leñosas como *Ficus* spp. (laurel).

Bosque de Oyamel (BA).- Se presenta en forma de manchones aislados, muchas veces restringido a laderas o a cañadas, protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa. La mayor extensión se presenta en las serranías del Eje Neovolcánico, en la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental en donde se conocen dos áreas de importancia en el Cerro del Potosí y Cerro de San Antonio Peña Nevada en Nuevo León y Tamaulipas, y en la Sierra de Juárez en Baja California. Se desarrolla en climas templados y semifríos, húmedos, entre los 2,000 y los 3,600 m de altitud, con una temperatura media anual que oscila entre 6 y 18°C, una precipitación que varía de 600 a 3,000 mm, con una pendiente por arriba del 40%, y en exposición

preferentemente norte, noreste y noroeste. El sustrato predominante es de rocas ígneas como andesitas y basalto, y los suelos son adosoles, leptosoles, cambisoles y acrisoles.

La altura de sus árboles a veces sobrepasan los 30 m. Lo constituyen árboles perennifolios con un periodo de floración de febrero a mayo y de fructificación de noviembre a enero. Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos, acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas. Las especies que los constituyen son principalmente del género *Abies* como: oyamel (*Abies religiosa*), pinabete (*Pseudotsuga* sp.), abeto (*A. durangensis*) y *Abies* spp., además de pino u ocote (*Pinus* spp.), encino o roble (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus jorullensis*). Algunos bosques son densos, sobre todo en condiciones libres de disturbio.

Selva Alta Subperennifolia (SAQ).- Se presenta en regiones con climas cálido húmedos, con precipitaciones de 1,100 a 1,300 mm anuales, con una época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro o incluso cinco meses. Las temperaturas son muy semejantes a aquellas en las que se desarrolla de la Selva Alta Perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8°C, entre el mes más frío y el más cálido. Rango altitudinal: aproximadamente entre 200 y 900m.

En este tipo de selva son importantes las siguientes especies: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Manilkara zapota* (ya', ya'ax', zapote, chicozapote), *Bucida buceras* (pukte'), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Pimenta dioica*, (pimienta), *Cedrela odorata* (cedro rojo, k'uche'), *Terminalia amazonia* (kanxa'an), *Zuelania guidonia*, *Berrya cubensis*, *Tabebuia rosea*, *Alseis yucatanensis*, *Aspidosperma megalocarpon*, *A. cruentum*, *Coccoloba barbadensis*, *C. spicata* (boop), *Swartzia cubensis* (katalox), *Thouinia paucidentata* (k'anchunup), *Dendropanax arboreus*, *Sideroxylon capiri* (tempisque), *Aphananthe monoica*, *Hernandia sonora* (palo de campana), *Alchornea latifolia*, *Cupania* spp., *Guarea glabra* (hoja blanca), *Stenanona humilis*, *Trichillia havanensis*, *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Astronium graveolens*, *Simira rhodoclada*, *Sterculia apetala*, *S. mexicana*,

Vatairea lundellii, Chrysophyllum mexicanum (caimito), Myroxylon balsamum, Robinsonella mirandae, Exothea diphylla (wayam cox), Maclura tinctoria, Pseudobombax ellipticum (amapola), Sabal mauritiiformis (botán), Metopium brownei (boxchechem), Talisia oliviformis (waya), Thrinax parviflora (chit), Caesalpinia gaumeri, Pouteria sapota (chakalja’as), Lonchocarpus castilloi (machiche’), Trichilia minutiflora (morgao colorado), Protium copal (copal o pom), Lysiloma latisiliquum, Pouteria campechiana, Thrinax radiata (ch’it), Calophyllum brasiliense, Poulsenia armata. Acosmium panamense, Cryosophylla stauracantha (Wano kum), Myroxylon balsamum, Pouteria reticulata, Andira inermis, Simarouba glauca, Haematoxylon campechianum, Ceiba petandra, Cordia alliodora, Spondias mombin (jobo), Platymiscium yucatanum, Senna alata, Dalbergia glabra, Mimosa albida, Mimosa pudica, Paspalum virgatum, Paspalum notatum y Echinochloa crusgalli.

Entre las epífitas son comunes Philodendron hederaceum y P. radiatum; destacan herbáceas como Coursetia caribaea, Canavalia brasiliensis, Bauhinia jenningsii y los bejucos Paullinia cururu y Cardiospermum halicacabum. Se distribuye en el sur de Quintana Roo y Campeche, en algunas partes de la vertiente del Golfo, en Chiapas a lo largo de la costa sur del Pacífico y probablemente en el norte de Oaxaca y partes de Jalisco, Nayarit y Guerrero.

Asimismo, es importante señalar, que dentro de esta fase se encuentran los usos de suelo y vegetación de: Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Pino y Bosque de Pino-Encino, los cuales han sido detallados en párrafos anteriores.

En el caso del área del proyecto, este se encuentra en los siguientes usos de suelo y vegetación (descritos previamente):

- Asentamientos Humanos (AH).
- Bosque Mesófilo de Montaña (BM).
- Pastizal Cultivado (PC).
- Agricultura de Temporal Anual y Permanente (TAP).

- Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña (VSA/BM).
- Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia (VSA/SAP).
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña (VSa/BM).

Es importante señalar que, con base a las actividades implicadas en el desarrollo del proyecto y su naturaleza, no se considera el derribo ni poda de árboles.

b) Fauna en el SAR

Está compuesta por gato montés, conejo, armadillo, tlacuache, zorro, coyote, murciélagos, tejón, mapache, tuza real, ardilla, comadreja, marta. En el caso de las aves: gavián, zopilotes, primavera, clarín, papan y papan real, colibrí.

Sin embargo, es de suma importancia recalcar que no se afectarán especies endémicas ni de interés conforme a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IV.2.1.3. Medio socioeconómico

Población

La población total del municipio de Xicotepec de Juárez en el año 2010 fue de 75,601 habitantes (lo cual representó el 1.3% de la población del estado), siendo 36,390 hombres y 39,211 mujeres, con una densidad de población de 241.85 habitantes por kilómetro cuadrado (Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI).

Educación

El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio era en 2010 de 7.4, frente al grado promedio de escolaridad de 8 en la entidad. La condición de rezago educativo afectó a 27.2% de la población, lo que significa que 18,476 individuos presentaron esta carencia social.

Durante el mismo año, el municipio contaba con 72 escuelas preescolares (1.4% del total estatal), 65 primarias (1.4% del total) y 34 secundarias (1.6%). Además, el municipio contaba con 21 bachilleratos (1.7%), tres escuelas de profesional técnico (1.8%) y dos escuelas de formación para el trabajo (0.8%). El municipio también contaba con 11 primarias

indígenas (1.5%).

Salud

Las unidades médicas en el municipio en el año 2010 eran 14 (1.2% del total de unidades médicas del estado). El personal médico era de 83 personas (0.9% del total de médicos de la entidad) y la razón de médicos por unidad médica era de 5.9, frente a la razón de 7.5 en todo el estado de Puebla.

Durante el 2010, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 44.1% equivalente a 29,971 personas.

Vivienda

Durante el 2010, había en el municipio 17,950 hogares (1.3% del total de hogares en la entidad), de los cuales 4,595 estaban encabezados por jefas de familia (1.3% del total de la entidad). El tamaño promedio de los hogares en el municipio fue de 4.2 integrantes.

El porcentaje de individuos que reportó habitar en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente fue de 33.9% (23,028 personas). El porcentaje de personas que reportó habitar en viviendas sin disponibilidad de servicios básicos fue de 41%, lo que significa que las condiciones de vivienda no eran las adecuadas para 27,885 personas.

Infraestructura social

Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública (18.08% del total), viviendas con un solo cuarto (18.6%), viviendas con piso de tierra (12.6%), viviendas que no disponen de drenaje (9.1%), viviendas sin ningún bien (5.9%) y viviendas que no disponen de energía eléctrica (2%). Viviendas que no disponen de lavadora (69.8% del total),

viviendas que no disponen de refrigerador (40.9%) y viviendas sin excusado/sanitario (2.6%).

Economía

Las principales actividades del Municipio de Xicotepec de Juárez son la cafecultura y comercio.

IV.2.1.4. Paisaje

En los estudios de evaluación del impacto ambiental (EIA) hay que abordar cada factor ambiental o característica del entorno del proyecto de la forma más completa y precisa posible. Por tanto, se han de analizar minuciosamente los parámetros que definen a los factores ambientales más representativos, y cuantificar, siempre que sea posible, el cambio que implicaría en los mismos la realización del proyecto.

El paisaje es uno de los factores ambientales a considerar tal y como recoge la normativa europea en su definición de Medio Ambiente (Directiva 11/97 CE). Además es un factor que ha adquirido en los últimos años una gran importancia debido al fuerte grado de intervención humana sobre el territorio en los países industrializados, llegando a considerarse como parte del patrimonio natural de un país (Gómez Orea, 1985).

En poco tiempo se ha considerado la concepción clásica del paisaje, pasando de ser considerado como simple trasfondo estético de las actividades humanas a ser un recurso y patrimonio cultural del hombre.

Esta nueva concepción del paisaje como recurso natural exige una tendencia cada vez mayor a objetivarlo, valorándolo tanto estética como ambientalmente, y ello implica conservarlo en unos lugares y reproducirlo en otros, con la finalidad de mantener un equilibrio con el hombre.

Definir el paisaje es una tarea compleja, ya que es difícil aunar los distintos puntos de vista desde los que se ha abordado este tema (pintores, poetas, geógrafos, ecólogos, paisajistas, arquitectos, etcétera). Por ello, tendríamos que hablar como mínimo de tres enfoques del concepto del paisaje:

- **Paisaje estético:** hace referencia a la armoniosa combinación de las formas y colores del territorio: incluso podría referirse a la representación artística de él.
- **Paisaje como término ecológico o geográfico:** estudio de los sistemas naturales que lo configuran. Según Dunn (1974) el paisaje sería "complejo de interrelaciones derivadas de la interacción de las rocas, agua, aire, plantas y animales".
- **Paisaje cultural:** según Laurie (1970) es el "escenario de la actividad humana". El hombre es el agente modelador del paisaje que lo rodea.

Integrando todos estos enfoques, podríamos citar la definición que dio González Bernáldez en 1978. Según él, un sistema natural está formado por un fenosistema o paisaje (componentes perceptibles) y por un criptosistema (componentes no perceptibles, difíciles de observar).

A pesar de todas estas acepciones, la ambigüedad de la palabra paisaje no debe confundir y por ello lo más adecuado sería diferenciar su significado puramente artístico de armonía y belleza, de su significado científico, compaginado criterios subjetivos con criterios objetivos a la hora de su valoración.

IV.2.1.4.1. Elementos y componentes del paisaje

Partiendo de los dos enfoques prioritarios del paisaje, artístico y científico, a la hora de describir y estudiar el paisaje de un territorio es necesario considerar unos elementos visuales básicos que lo definen estéticamente y unos componentes intrínsecos que

determinarán sobre todo la calidad de una unidad paisajística y la fragilidad de ese paisaje a determinadas actuaciones.

Los elementos visuales básicos del paisaje son la forma, la línea, el color y la textura.

- **Forma:** hace referencia al volumen o a la superficie de un objeto u objetos que por la propia configuración o emplazamiento aparecen unificados. Se acentúa con el relieve, y viene caracterizado fundamentalmente por la vegetación, la geomorfología y las láminas de agua.
- **Línea:** trazado real o imaginario que marca diferencias entre elementos visuales (línea del horizonte, límite entre tipos de vegetación, cursos de agua, carreteras, etcétera).
- **Textura:** hace referencia a las irregularidades de una superficie continua, por diferentes formas y colores principalmente. Viene caracterizada por el grano (tamaño relativo de las irregularidades), densidad (grado de dispersión), regularidad (ordenación y distribución espacial de las irregularidades), y contraste (diversidad de colorido y luminosidad).

Los componentes intrínsecos del paisaje son los factores del medio físico y biológico en que puede desagregarse un territorio, perceptibles a la vista (Escribano, 1987). Más concretamente, son los aspectos del territorio diferenciables a simple vista y que lo configuran (Aguiló et al., 1993). Estos componentes paisajísticos se suelen agrupar en las siguientes categorías (González Alonso et al., 1995):

- Relieve y forma del terreno, su disposición y naturaleza (llanuras, colinas, valles etcétera).
- Formas de agua superficial (mares, ríos, lagunas etcétera).
- Vegetación (distintas formas de tipos vegetales, distribución, densidad, etcétera).
- Estructuras o elementos artificiales introducidos (cultivos, carreteras, tendidos eléctricos, núcleos urbanos, etcétera).

- Entorno adyacente.

Cada uno de estos componentes o factores pueden ser diferenciados por el observador por sus características básicas visuales (forma, color, etcétera).

A continuación, pasaremos a definir brevemente cada uno de ellos y a justificar su contribución en la calidad intrínseca de un paisaje.

a) Relieve y geomorfología

El relieve constituye la base sobre la que se asientan los demás componentes del paisaje, por lo que ejerce una fuerte influencia sobre la percepción del paisaje, induciendo además cambios notables en la composición y amplitud de las vistas (Aguiló et al., 1993). Tres parámetros se consideran básicos para definir el relieve y la geomorfología de una unidad paisajística y para valorar su calidad:

- **Complejidad topográfica:** a mayor complejidad y variedad topográfica mayor calidad del paisaje, ya que le imprime más riqueza de formas y mayor posibilidad de obtener vistas distintas en función de la posición del observador.
- **Pendiente:** de igual forma, y junto con la complejidad topográfica, se considera que una pendiente pronunciada confiere mayor valor al paisaje que una zona llana o con pendientes muy suaves, que resulta más homogénea.
- **Formaciones geológicas relevantes:** la presencia de una de estas formaciones (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas, etcétera), cualquiera que sea su tipo y extensión, confiere al paisaje un cierto rasgo de singularidad.

b) Vegetación

La vegetación desempeña un papel fundamental en la caracterización del paisaje visible, ya que constituye la cubierta del suelo, determina en gran medida la estructura espacial, e introduce diversidad y contrastes en el paisaje (González Alonso et al., 1995). Para valorar de forma global su calidad se analizan los parámetros siguientes:

- **Grado de cubierta:** se atribuye más calidad vegetal y por tanto paisajística a los mayores porcentajes de superficie cubiertos por la vegetación. La valoración de este parámetro puede realizarse de forma global para el conjunto de la vegetación o atribuyendo un valor global medio según los distintos estratos o especies presentes en la zona en cuestión.
- **Densidad de la vegetación:** una mayor densidad de vegetación contribuye de modo positivo a la calidad. En este caso, al referirse la densidad al número de individuos presentes de una especie se realizará la valoración en función de las especies más importantes, obteniendo finalmente un valor global conjunto para todas ellas.
- **Distribución horizontal de la vegetación:** se considera que la vegetación cerrada ofrece mayor calidad visual al paisaje que la vegetación dispersa, en la que hay gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos.
- **Altura del estrato superior:** siguiendo la estratificación vertical en función de la altura según Cain y Castro (1959), se considera mayor calidad del paisaje a mayores alturas de estrato.
- **Diversidad cromática entre especies:** cuanta mayor riqueza cromática exista en una formación, mayor será la calidad visual.
- **Contraste cromático entre especies:** el contraste cromático está producido por la presencia de colores complementarios o de características opuestas. De la misma manera que para el anterior parámetro, se estima que el contraste cromático entre las especies presentes favorecerá una mayor calidad del paisaje.
- **Estacionalidad de las especies:** la estacionalidad de la vegetación constituye otro tipo de contraste cromático muy relevante, por lo que la presencia de especies caducifolias o anuales es un factor que añade calidad visual al paisaje.

c) Agua

La presencia de agua en un determinado espacio puede actuar como punto de atracción. Puede ser un elemento dominante o bien destacar otros elementos, resaltándolos por contraste. Algunos de los parámetros más representativos para su definición son:

- **Superficie de agua vista:** a la hora de evaluar este parámetro, se considera que cuanto mayor sea la superficie de agua vista, más dominante será este factor en el paisaje y mayor calidad le aportará al mismo.
- **Estacionalidad del caudal:** la presencia de una forma continua de agua otorgaría una mayor calidad al paisaje.
- **Apariencia subjetiva del agua:** evidentemente, cuanto más limpia sea la apariencia del agua, más agradable será su contemplación y mayor su valor habrá de atribuírsele.
- **Existencia de puntos singulares (cascadas, rápidos, etcétera):** la presencia de puntos o formas de agua relevantes (cascadas, rápidos, fuentes, manantiales, etcétera) añade una nota más de calidad visual al agua.

d) Elementos antrópicos

La intervención del hombre, con sus muy diversas actividades, sin duda alguna ha dejado y deja huellas en el paisaje. La posible incidencia, favorable o desfavorable, que este tipo de elementos puede tener sobre el paisaje se valora a través de seis caracteres:

- **Actividades agrícolas y ganaderas:** aun cuando en principio pudiera parecer negativa cualquier ocupación del suelo por parte de este tipo de actividades, también se ha de tener en cuenta el grado de intensidad de las mismas, así como las formas tradicionales de explotación que pudieran constituir un carácter propio de la zona.
- **Densidad viaria:** este parámetro tiene importancia no ya sólo por la alteración que

en sí supone, sino también por influir en la accesibilidad, tanto física como visual, a las diferentes zonas de actuación.

- **Edificaciones u otras infraestructuras:** la presencia de este tipo de actuaciones humanas normalmente incidirá de forma desfavorable en la calidad visual del paisaje, a menos que dichas construcciones tengan un carácter tradicional, monumental o posean cierto valor estético.
- **Explotaciones industriales y/o mineras:** como es lógico, la presencia de cualquier tipo de estas explotaciones confiere un carácter negativo a la calidad natural del paisaje, tanto más negativo cuanto mayor incidencia ambiental tengan dichas explotaciones en la unidad.
- **Recursos históricos-culturales:** a diferencia del resto de actuaciones antrópicas, este tipo de recursos culturales suponen un valor añadido dentro de la calidad del paisaje. La escala de valoración adoptada trata de tener en cuenta, además de su ausencia o presencia, la relevancia y uso que puedan tener este tipo de singularidades.

e) Entorno adyacente

Como último factor dentro de los elementos del paisaje se tendrá en cuenta, aunque de forma muy genérica, la calidad visual del entorno inmediato al espacio en que se ubica la actuación del proyecto a considerar en cada caso.

En ocasiones, el escenario que enmarca un determinado espacio puede poseer cualidades inferiores a ese territorio, haciéndolo así destacar más sobre el conjunto de su entorno. Por contraposición, si dicho entorno es superior en calidad al área estudiada, puede también acentuar el contraste con sus alrededores, pero en este caso desvirtuando su calidad de forma negativa (González Alonso, 1994).

IV.2.1.4.2. Metodología

Valorar el paisaje y su alteración en los Estudios de Impacto Ambiental implica concebirlo como un factor ambiental aglutinador de un conjunto de características físicas y biológicas, y también, considerar la capacidad que tiene el paisaje de absorber determinadas actuaciones. Es decir, que sería necesario analizar la calidad paisajística (calidad visual intrínseca por sus componentes, calidad del entorno adyacente, etcétera) y la visibilidad de la actuación proyectada desde puntos determinados. Ambas características determinarán en gran medida la fragilidad del paisaje o la capacidad del mismo para absorber cambios, y a la larga la gravedad de los impactos producidos.

El estudio del paisaje es complejo debido a la gran cantidad de aspectos diferentes que hay que tener en cuenta y al grado de subjetividad a que está sujeta la valoración de algunos de ellos. Para la mayoría de los factores ambientales que se describen e inventarían en los Estudios de Impacto Ambiental existe una amplia variedad de funciones y parámetros indicadores de impacto cuantitativos que permiten valorar de forma objetiva los impactos ambientales (Conesa, 1997), cosa que no ocurre con el paisaje.

Se han descrito muchos métodos de valoración del paisaje (Litton, 1973; Gómez Orea, 1978; Villarino, 1984; Castellón, 1985; Pastor, 1994; Conesa, 1997), pero casi todos ellos coinciden en la consideración conjunta de aspectos de calidad y visibilidad, y esto nos ha llevado a la propuesta del método que aquí se presenta (Andrés et al., 2000).

a) Inventario del paisaje

Para identificar impactos ambientales de un proyecto o actuación en el paisaje de un territorio, se ha de realizar un inventario paisajístico. Por tanto y dependiendo de la heterogeneidad del territorio y de la heterogeneidad de formas, colores y demás elementos, se procedería a diferenciar unidades de paisaje. Unidades configuradas principalmente por

unas topografías y vegetación singulares, que se traducen en unidades ecológicas diferentes y en unidades perceptiblemente diferentes ante el ojo del observador.

Una vez establecidas estas unidades de paisaje se procedería a describir cada uno de los elementos o componentes que las integran, intentando determinar su calidad y singularidad.

b) Estimación de la alteración paisajística

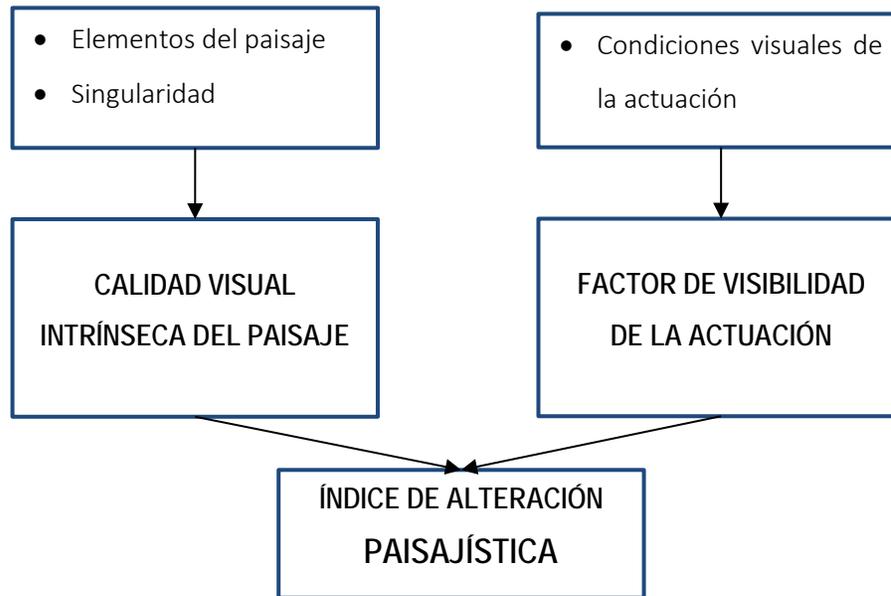
El método propuesto para valorar la alteración paisajística provocada por un proyecto o una actuación planteados en una zona es un método cualitativo, y aunque está sujeto a cierta subjetividad, permite considerar con cierta elasticidad aspectos muy diversos y parámetros difíciles de valorar de forma cuantitativa.

En la siguiente figura, se representa el modelo propuesto que se basa en:

1. **Valorar el grado de cambio producido en la calidad visual intrínseca del paisaje, supuestamente realizada la actuación.** Para ello se comparan la calidad intrínseca inicial (en las condiciones preoperacionales o “sin proyecto”), con la calidad intrínseca final que quedaría tras realizar el proyecto (situación “con proyecto”).

2. Ponderar la variación de la calidad por un factor de visibilidad de la actuación.

Figura 1. Esquema general del modelo (Andrés et al., 2000).



- Calidad visual intrínseca del paisaje

Partiendo de la base de que la calidad ambiental de un factor se considera como el mérito del mismo para su conservación, y que dicho mérito depende de las características propias del factor y del grado de excepcionalidad de las mismas (Conesa, 1997), la calidad intrínseca visual del paisaje se ha determinado a partir de los elementos del paisaje descritos en apartados anteriores (relieve, vegetación, agua, etcétera), y de la singularidad de los mismos (Fórmula n°1) (Andrés et al., 2000).

Fórmula de calidad intrínseca visual del paisaje

$$CI = \frac{Ve + Vs}{\text{Valoración máxima de calidad}} \times 100$$

(Fórmula n°1) (0 < CI < 100)

Donde:

CI= Calidad intrínseca visual del paisaje

Ve = Elementos o componentes básicos del paisaje

Vs = Singularidad de los elementos del paisaje

Los elementos o componentes básicos del paisaje (relieve, vegetación, agua, elementos antrópicos, etcétera) se han puntuado a una escala de 0 a 4 unidades de calidad según unos criterios propuestos por diversos expertos, así como la singularidad de los elementos que ha sido puntuada de la misma manera.

- **Factor de visibilidad**

El cambio que se produce en la calidad intrínseca del paisaje por la realización de un proyecto o de una actividad se verá agravado por el grado de visibilidad de la actuación. Este factor de visibilidad vendrá determinada por las condiciones visibles de las obras como los puntos de observación, la distancia de la observación, la frecuencia de la observación y la cuenca visual, para ello es necesario aplicar la siguiente fórmula:

Fórmula de factor de visibilidad

$$Fv = A + B + C + D$$

(Formula n°2) $(1 < F < 2)$

Donde:

Fv = Factor de visibilidad

A= Puntos o zonas de observación

B= Distancia del punto de observación al área de actuación

C=Frecuencia de observación

D= Cuenca visual de la actuación

De forma general los cuatro parámetros tomarán mayores valores cuando permitan una mayor y mejor observación del área afectada por la actuación, con lo cual el impacto paisajístico será mayor al facilitarse la percepción de la alteración sobre el paisaje.

a) Puntos o zonas de observación

La visibilidad del área de actuación se ha de analizar desde aquellos puntos o zonas exteriores desde los que es posible la observación y que tengan cierto tránsito o presencia de observadores potenciales. No tendría sentido analizar la visibilidad desde zonas a las que, en condiciones normales, no van a acceder los posibles observadores.

Cuanto mayor sea el número de estos puntos o mayor el área que ocupan esas zonas de observación, la percepción de una posible alteración debida a la actuación será mucho más fácil para esos observadores.

Si la actuación no fuera visible desde ningún punto transitado, no tendría sentido seguir analizando la visibilidad. En este caso, el factor de visibilidad tomaría valor 1 (no se magnifica la percepción de la alteración).

b) Distancia de observación

La calidad de la percepción visual disminuye a medida que aumenta la distancia. Si los objetos se alejan del observador sus detalles van dejando de percibirse, hasta que llega un momento en que el objeto completo deja de verse.

Por ello, la mayor parte de los análisis de visibilidad adoptan un sistema de ponderación en función de la distancia. Los valores límite más empleados suelen estar entre los 2 y 3 kilómetros de distancia, siempre suponiendo condiciones media de visibilidad (iluminación, claridad del aire, condiciones atmosféricas, etcétera). A mayores distancias ya

es difícil percibir los detalles, y se difuminan los tonos de los colores, la intensidad de las líneas y de los contrastes (De Bolós et al., 1992). Así, por ejemplo, Steinitz (1979) establece 3 zonas de visibilidad en función de la distancia, que son las que se han adoptado en este trabajo. Estas distancias podrán tomar otros valores, atendiendo a la envergadura y características específicas de cada tipo concreto de proyecto.

c) Frecuencia de observación

En este punto, se trata de tener en cuenta la frecuencia de tránsito que presenten los puntos de observación, lo que determinará el número de potenciales observadores que puedan percibir las alteraciones previsible en el área de actuación. Cuanto mayor sea el número de observadores y el número de veces que la actuación es vista, mayor será la incidencia visual de dicha actuación. Al ser percibida de forma frecuente y por más observadores, la sensación de alteración positiva o negativa del medio es más acusada.

d) Cuenca visual de la actuación

En este caso, la cuenca visual es la superficie de actuación que puede ser divisada por un observador desde un determinado punto (De Bolós et al., 1992). La determinación de dicha superficie pasa entonces por identificar aquellos puntos transitados exteriores desde los que es posible la observación del área afectada y determinar desde ellos la superficie del área de actuación que se observa (cuenca visual de tipo externa).

La posibilidad de observar un mayor porcentaje del área de actuación, ante una potencial alteración de ésta, resaltarán la percepción de dicho impacto paisajístico, ya sea positivo o negativo.

Los valores de estos 4 parámetros de visibilidad, representados en su tabla correspondiente, han sido asignados teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si la actuación no es visible desde ninguna zona o punto transitado, el factor de visibilidad tomaría valor 1. Ello significa que la alteración producida en el paisaje no se ve resaltada por la visibilidad.
- Si el área de actuación fuera visible desde alguna zona o punto transitado, el factor estaría entre un valor mínimo de 1,2 para condiciones más adversas de visibilidad (máxima distancia de observación, mínima frecuencia y cuenca visual), y un valor máximo de 2 para las condiciones más favorables (mínima distancia de observación, máxima frecuencia y máxima cuenca visual). En este caso se considera que el hecho de que exista visibilidad, aunque mínima, sobre la zona de actuación resaltaría una posible alteración sobre el paisaje.

- Índice de alteración paisajística

Obtenidos el factor de visibilidad y la calidad intrínseca del paisaje, el índice de alteración paisajística (IP) tendría la siguiente expresión:

Fórmula de índice de afectación paisajística

$$IP = (CI_2 - CI_1) \times Fv$$

(Fórmula n°3) (-200 < IP < +200)

Dónde:

IP= Índice de afectación paisajística

CI₂= Calidad visual intrínseca del paisaje en la situación "con proyecto"

CI₁= Calidad visual intrínseca del paisaje en la situación "sin proyecto"

Fv= Factor de visibilidad

Según la anterior expresión, el valor del índice de impacto paisajístico puede tomar valores entre -200 (máximo impacto paisajístico negativo) y +200 (máximo impacto

paisajístico positivo), si bien es muy difícil que se alcancen estos dos valores extremos. Dentro de ese rango pueden establecerse intervalos numéricos, categorías o tipos jerárquicos de impactos, tanto para los negativos (críticos, severos, moderados y compatibles) como para los positivos (notable, mínimo, etcétera), como se muestra en la tabla correspondiente.

El signo del impacto lo da la diferencia entre calidades intrínsecas antes y después de la actuación. La mayor o menor visibilidad de dicha actuación determinará que ese impacto sea más o menos perceptible por parte de los observadores.

Resulta muy difícil que se alcancen valores extremos de impactos, a no ser que se parta o se llegue a situaciones de extrema degradación del medio en el que se ubica la actuación, o que ésta afecte a un gran número de parámetros del paisaje.

El elevado conjunto de parámetros puede ocultar un impacto crítico sobre alguno de ellos, si bien ese tipo de impactos sobre los distintos componentes del medio se ha de resaltar debidamente en otra fase dentro de la evaluación de impactos.

Tabla 25. Categorías de impacto según la valoración obtenida con el Índice de Impacto Paisajístico

Tipo de impactos	Categorización
Impactos negativos	-101 <IP< -200 → crítico
	-100 <IP< -67 → severo
	-66 <IP < -34 → moderado
	-33 <IP< -1 → compatible
Impactos nulos	IP = 0 → Impacto nulo
Impactos positivos	+1 <IP< +33 → mínimo
	+34 <IP < +66 → ligero
	+67 <IP < +100 → medio
	+101 <IP< +200 → notable

Conforme a toda la metodología detallada previamente, a continuación se presenta la memoria de cálculo correspondiente a la evaluación paisajística del proyecto.

IV.2.1.4.3. Memoria de cálculo

- Calidad intrínseca del paisaje

A continuación, se muestran los criterios de valoración de la calidad intrínseca del paisaje en los cuales se considera tanto sus elementos como la singularidad de éste, asimismo, se presentan los valores determinados a los mismos "con proyecto" y "sin proyecto".

Tabla 26. Criterios de valoración de la calidad visual intrínseca del paisaje

Elementos del paisaje		Valor calidad					Valor con proyecto	Valor sin proyecto		
		0	1	2	3	4				
Relieve	Complejidad topográfica	Muy Alta					•			
		Alta				•				
		Media			•				2	2
		Baja		•						
		Muy Baja	•							
	Pendiente	Muy escarpada: >50 %					•			
		Fuerte: 30 - 50 %				•				
		Moderada: 20 - 30 %			•				2	2
		Suave: 10 - 20 %		•						
		Llana o muy suave: < 10 %	•							
Formaciones geológicas	Presencia de formaciones geológicas relevantes					•		4	4	
	Ausencia de formaciones geológicas relevantes	•								
Vegetación	Grado de cubierta	75 - 100%					•			
		50 - 75%				•				
		25 - 50 %			•				0	1
		5 - 25 %		•						
		< 5 %	•							
	Densidad	Especie muy abundante					•			
		Especie abundante				•				
		Especie frecuente			•				2	2
		Especie escasa		•						
		Especie muy escasa	•							
	Distribución horizontal	Vegetación cerrada					•			
		Vegetación abierta			•				2	2
		Vegetación dispersa		•						
		Ausencia de vegetación	•							
	Altura del estrato superior	Estrato de árboles altos: > 15 m					•			
Estrato de árboles intermedios: 8 - 15 m					•					
Árboles bajos y/o matorral alto: 3 - 8 m				•						
Matorrales bajos y/o estrato herbáceo alto: < 3 m			•					3	3	
Ausencia casi total de vegetación		•								

Elementos del paisaje		Valor calidad					Valor con proyecto	Valor sin proyecto		
		0	1	2	3	4				
Agua	Diversidad cromática	Muy alta					•			
		Alta				•				
		Media			•				2	2
		Baja		•						
		Muy baja	•							
	Contraste cromático	Muy acusado: ricas combinaciones, variedad de colores fuertes					•			
		Acusado: variaciones de color acusadas				•				
		Medio: alguna variación, pero no dominante			•				2	2
		Bajo: Tonos apagados, poca variedad de colores		•						
		Muy bajo: no hay variaciones ni contraste de color	•							
	Estacionalidad	Formación vegetal mixta, con fuertes contrastes cromáticos estacionales					•		3	3
		Formación vegetal mixta, con contrastes cromáticos estacionales no muy acusados				•				
		Formación uniforme, con fuerte variación estacional (caducifolias, herbáceas anuales)			•					
		Vegetación monocromática uniforme, con contraste estacional nulo o muy bajo		•						
Agua	Superficie de agua vista	Ausencia casi total de vegetación	•							
		Presencia de agua en láminas superficiales (lagos, pantanos, etc.)					•			
		Presencia de agua en formas lineales (arroyos, ríos, etc.)				•				
		Presencia puntual de agua (fuentes, manantiales, etc.)			•				3	3
	Estacionalidad del caudal	No presencia de agua	•							
		Caudal permanente					•			
		Caudal estacional, presente más de 6 meses al año				•			4	4
	Apariencia subjetiva del agua	Caudal estacional, presente menos de 6 meses al año			•					
		Aguas de apariencia limpia y clara					•			
		Aguas algo turbias, poco transparentes, pero no sucias				•			4	4
Existencia de puntos singulares	Aguas muy turbias, sucias de apariencia poco agradable		•							
	Presencia de varios puntos singulares o muy perceptibles					•				
	Presencia de pocos puntos singulares o poco perceptibles				•			1	1	
Actividades agrícolas y ganaderas	Ausencia de puntos singulares		•							
	Vegetación natural o formas de explotación racional ancestrales					•		4	4	
Elementos antrópicos	Densidad viaria	Explotaciones extensivas tradicionales o naturalizadas				•				
		Superficie parcialmente dedicada a actividades de poca intensidad			•					
		Cultivos recientemente abandonados o condicionados por anterior actividad intensiva		•						
	Densidad viaria	Superficie totalmente ocupada por explotaciones intensivas	•							
		No hay vías de comunicación interiores ni próximas					•			
		Vías de tráfico bajo en las cercanías de la unidad				•				
		Vías de tráfico intenso en las cercanías de la unidad			•				2	2
		Vías de tráfico bajo atravesando la unidad		•						
	Construcción/Infra-estructura	Vías de tráfico intenso atravesando la unidad	•							
		Ausencia de construcciones e infraestructuras					•			
		Construcciones tradicionales, integradas en el paisaje o con valor artístico				•				
		Construcciones no tradicionales, de carácter puntual o lineal (líneas eléctricas, repetidores)		•					0	0
	Explotaciones industriales o	Construcciones no tradicionales extensivas (núcleos urbanos, industriales)	•							
		Ausencia de explotaciones en la unidad y sus cercanías					•		0	0
	Presencia cercana de explotaciones, pero sin incidencias en la unidad			•						

Elementos del paisaje			Valor calidad					Valor con proyecto	Valor sin proyecto
			0	1	2	3	4		
	mineras	Presencia en la unidad o sus cercanías, con fuerte incidencia ambiental en la unidad	•						
	Rasgos históricos - culturales	Presencia de valores tradicionales únicos, frecuentados o en uso					•	0	0
Presencia de algún valor poco relevante, no tradicional o en desuso				•					
Ausencia de cualquier valor		•							
Entorno	Escenario adyacente	Realzan notablemente los valores paisajísticos del espacio					2	2	
		Son inferiores a las del territorio, pero no lo realzan de forma notable				•			
		Similares a las del espacio estudiado			•				
		Superiores a las del espacio estudiado, pero sin desvirtuarlo		•					
		Notablemente superiores a las del espacio estudiado	•						
TOTAL							42	43	
Singularidad de elementos del paisaje			Valor calidad					Valor con Proyecto	Valor sin proyecto
			0	1	2	3	4		
Rasgos Paisajísticos singulares	Presencia de uno o varios elementos paisajísticos únicos o excepcionales						•	1	1
	Presencia de uno o varios elementos paisajísticos poco frecuentes					•			
	Rasgos paisajísticos característicos, aunque similares a otros en la región				•				
	Elementos paisajísticos bastante comunes en la región			•					
	Ausencia de elementos singulares relevantes		•						
TOTAL							1	1	

Partiendo de los valores totales obtenidos por los elementos del paisaje para la situación "con proyecto" y "sin proyecto", es requerido aplicar la fórmula de calidad intrínseca del paisaje señalada anteriormente, a fin de determinar la ponderación total de este factor para ambas situaciones.

Tabla 27. Criterios de valoración de la calidad visual intrínseca del paisaje

Calidad intrínseca visual del paisaje en la situación "con proyecto"	Calidad intrínseca visual del paisaje en la situación "sin proyecto"
$CI_2 = \frac{42 + 1}{84} \times 100 = 51.19$	$CI_1 = \frac{43 + 1}{84} \times 100 = 52.38$

- Factor de visibilidad

Para la obtención del factor de visibilidad, a continuación, se muestran los criterios de valoración.

Tabla 28. Criterios de valoración del factor de visibilidad

Factor de visibilidad de la actuación		0.2	0.3	0.4	0.5	1	Valor
Puntos de observación	Área no visible desde zonas transitadas					●	1
	Área visible desde puntos o zonas transitadas				●		
Distancia de observación	Lejana (>800 m)		●				0.5
	Media (200-800 m)			●			
	Próxima (0-200 m)				●		
Frecuencia de observación	Zonas observación escasamente transitadas	●					0.3
	Zonas observación poco frecuentadas, de forma esporádica		●				
	Zonas de observación frecuentadas periódicamente			●			
	Zonas muy frecuentadas de forma continua				●		
Cuenca visual	0 a 25%	●					0.3
	26 a 50%		●				
	51 a 75%			●			
	76 a 100%				●		
TOTAL							2.1

Aplicando la fórmula previamente señala correspondiente a la obtención del factor de visibilidad, podemos determinar el valor total de este factor.

Factor de visibilidad

$$Fv = 1 + 0.5 + 0.3 + 0.3 = 2.1$$

- **Índice de afectación paisajística**

Para obtener el valor total del índice de afectación paisajística, se aplica la presente fórmula establecida anteriormente:

Índice de afectación paisajística

$$IP = (51.19 - 52.38) \times 2.1 = -2.49$$

De acuerdo al análisis de los elementos del paisaje como relieve, vegetación, agua, elementos antrópicos y el entorno; así como su singularidad fue posible determinar la calidad intrínseca visual del paisaje en la situación “con proyecto” y “sin proyecto”, además de establecer los valores a los criterios del factor de visibilidad y finalmente calcular el índice de afectación paisajística arrojando un valor de **-2.49** que se encuentra en el intervalo de

-33 <IP< -1 que corresponde a un **impacto negativo compatible** con la zona en donde será desarrollado el presente proyecto.

IV.3. Diagnóstico ambiental

En el presente apartado se integra la síntesis del estado actual del Sistema Ambiental, con el objetivo de hacer un diagnóstico ambiental del área de estudio, en donde se identifica el grado de conservación del ambiente y el deterioro ambiental, asimismo, se aprovechó la sobreposición de los mapas elaborados en los apartados anteriores, para detectar los puntos críticos del proyecto respecto al impacto ambiental.

Tabla 29. Síntesis de la situación actual de los factores ambientales en el Sistema Ambiental

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
Aire	Clima	<p>El Sistema Ambiental en el que se ubica el proyecto presenta los siguientes tipos de climas:</p> <p>C(w1), Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.</p> <p>C(w2), Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.</p> <p>C(m), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.</p> <p>C(m)(f), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.</p> <p>C(f), Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.</p> <p>(A)C(fm), Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual.</p> <p>A(f), Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.</p> <p>Am(f), Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.</p> <p>Aw1(x'), Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.</p>

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<p>Aw2(x'), Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.</p>
Geología y Geomorfología	Litología del área	<p>El Sistema Ambiental se encuentra en las siguientes unidades cronoestratigráficas:</p> <p>Jm(ar), Jm(lm-ar).- El Jurásico Medio, está representado en el norte de la entidad, por una unidad detrítica formada en un medio continental que recibe el nombre de formación Cahuasas, Jm(lm-ar) y Jm(ar), constituida por grauvaca y arenisca conglomerática compacta, en estratos gruesos, ocasionalmente masivos. Sobreyace en discordancia angular a la secuencia de rocas del Jurásico Inferior y subyace en igual forma a la del Jurásico Superior; aflora en terrenos de Tlacuilotepec. Al norte de Teziutlán, en una zona limítrofe entre la Sierra Madre Oriental y La Faja Volcánica Mexicana, aflora una unidad de limolitas, areniscas y conglomerados, correlacionable con esta formación.</p> <p>Hacia la parte centro sur del estado, afloran unidades sedimentarias de origen continental, Jm(ar-cg), Jm(lu-ar) y Jm(ar), constituidas por una secuencia alternante de conglomerado, arenisca, lutita y limolita, en estratos de espesor variable, contienen fósiles de plantas. Corresponden a la formación Tecomasuchil, del grupo Tecocoyunca. Sobreyacen en discordancia angular a las rocas metamórficas del Complejo Acatlán y subyacen a calizas del Jurásico Superior y a depósitos clásticos del Terciario.</p> <p>Js(cz-lu).- Esta unidad está formada por alternancias rítmicas de calizas y lutitas, pertenece a las Formaciones Caliza Chimeco y Mapache en el área de Petlalcingo, y a la Formación Tepexilotla en la Sierra Mazateca. El afloramiento correspondiente a la Caliza Chimeco que se localiza en el municipio de Tianguismanalco, está constituido por una secuencia de calizas arcillosas, gruesas en la base, con intercalaciones esporádicas de lutitas de color verde amarillento, y con un gran contenido de pelecípodos y amonitas gigantes muy fragmentados. En la porción media los estratos son gruesos y están formados calizas oolíticas, que hacia la cima tienden a ser delgados y arcillosos. Suprayace a las rocas del Jurásico Medio en aparente contacto transicional. El afloramiento de la Formación Mapache está integrado por una secuencia de calizas arcillosas grises, en estratos gruesos y medianos, interestratificados con limolitas y lutitas, que forman capas gruesas, medianas y delgadas. Este afloramiento contiene abundantes pelecípodos que indican un ambiente de depósito de zona infralitoral. Subyace en discordancia erosional a las rocas calcáreas del Cretácico Inferior. En la Sierra Mazateca esta unidad está formada por estratos de calizas de 10 a 30 cm de espesor, y de lutitas de 5 a 30 cm. Esta zona presenta un aspecto pizarroso que acusa un ligero metamorfismo, y sobreyace tectónicamente a las unidades del Cretácico Inferior.</p> <p>K(cz-lu).- Unidad perteneciente al Cretácico, constituida por la alternancia de caliza y lutita depositadas en un ambiente marino de aguas someras. La caliza se encuentra en estratos delgados y medianos, de colores gris claro a gris oscuro. La lutita forma estratos medianos y gruesos, en colores verde y café.</p> <p>Q(s).- Está constituida por depósitos arenogracosos que sobreyacen discordantemente a las demás secuencias. Dentro de esta unidad quedan incluidos los sedimentos lacustres, como los que están ubicados en la margen de la presa Valsequillo.</p> <p>Ki(cz).- La unidad de caliza representada con la clave Ki(cz), incluye a la formación Miahuatepec, parte de las formaciones Xonamanca, Morelos y Orizaba. La primera de ellas, de edad Aptiano, está constituida por caliza gris muy plegada y fallada, con fracturas rellenas de calcita. Forma estratos gruesos a los que ocasionalmente se intercalan capas arcillosas que incluyen nódulos y bandas de pedernal y marga. Descansa de manera discordante sobre unidades del Paleozoico Superior y sobre las lutitas y areniscas del Cretácico Inferior, además, está cubierta por sedimentos del Terciario Inferior. La porción de la formación Xonamanca corresponde al Neocomiano, consta de caliza y dolomía, así como de escasa toba, limolita y grauvaca. La formación Morelos pertenece al intervalo Albiano-Cenomaniano y está formada por caliza masiva de color gris, fosilífera, con gasterópodos, rudistas y microfósiles. Esta unidad sobreyace a rocas del Jurásico y Cretácico Inferior y subyace a sedimentos continentales del Terciario. La formación Orizaba aflora al sureste del estado, y es correlacionable con la formación Morelos. Consiste en calizas dolomitizadas, masivas, que contienen rudistas, miliólidos y fragmentos de briozoarios; descansa sobre unidades del Cretácico Inferior y está cubierta por calizas del Cretácico Superior.</p> <p>Ks(cz-lu).- Está formada por una secuencia de caliza arcillosa y lutita dispuesta en estratos delgados. Presenta bandas y nódulos de pedernal negro, con horizontes de radiolarios y globigerinas. Aflora hacia la parte norte del</p>

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<p>estado y corresponde a las formaciones San Felipe y Agua Nueva, las cuales señalan un marco sedimentológico regresivo. En la mitad sur de la entidad, dicha unidad está integrada por partes de las formaciones Maltrata y Mexcala. La primera, consiste en una intercalación de caliza y lutita calcárea, amarillentas, intensamente deformadas. La parte de la formación Mexcala incluida en esta unidad, está integrada por estratos de 10 a 60 cm de espesor, compuestos por caliza grisácea, de textura mudstone, intercalados con lutita calcárea.</p> <p>TR(ar-cg).- Unidad perteneciente al periodo Triásico. Conformada de arenisca, conglomerado y algunas capas de lutita arenosa, que forman estratos masivos y delgados y subyacen en discordancia angular a los depósitos del Jurásico Inferior. Se localiza al oeste de Huauchinango, a lo largo de una gran estructura de plegamiento con orientación noroeste-sureste conocida como el Anticlinorio de Huayacocotla, en la Sierra Madre Oriental.</p> <p>Te(lu-ar).- La secuencia terrígena del Eoceno, Te(lu-ar), está constituida por la alternancia de lutitas, arenisca y margas, que localmente presentan horizontes de bentonita. Contienen nódulos calcáreos e impresiones de hojas, así como microfósiles que la relacionan con las Formaciones Velasco, Chicotepec, Aragón, Chapopote y Tantoyuca, del Eoceno. Sobreyace de manera concordante a los sedimentos areno-arcillosos del Paleoceno, y de la misma manera subyace a depósitos areno-arcillosos del Oligoceno, To(lu-ar) así como a rocas pirocásticas del Terciario Superior.</p> <p>Tm(ar).- Se trata de areniscas con intercalaciones de limolitas y conglomerados, depositados en un ambiente marino de aguas poco profundas; la textura es samítica. Las areniscas son litarenitas de grano fino a medio, con fragmentos subangulosos a subredondeados constituidos por cuarzo y abundantes micas de moscovita, cementante calcáreo y ferruginoso y matriz arcillo-limosa; su estratificación va de gruesa a masiva, de color rojizo y pardo claro, se encuentran mal compactadas, se observan horizontes de cenizas volcánicas y lentes de conglomerados oligomícticos de cuarzo blanco lechoso, con clastos redondeados, mal seleccionados y dispuestos caóticamente. Sobreyacen concordantemente a la unidad de lutitas y areniscas del Mioceno, y en discordancia a las unidades del Paleozoico y Mesozoico; subyacen de modo discordante a la unidad de conglomerado del Mioceno Superior y a los sedimentos cuaternarios. La morfología corresponde a lomeríos y cerros bajos de suave pendiente.</p> <p>To(lu-ar).- El Oligoceno está representado por una alternancia de arenisca con microfósiles y lutita To(lu-ar) en estratos laminares; en ocasiones se encuentran estratos delgados de conglomerado y marga. La unidad se correlaciona con las formaciones Palma Real, Horcones, Alazán, Mesón y Coatzintla. Descansa concordantemente sobre los depósitos terrígenos del Eoceno y la cubren derrames basálticos y andesíticos del Terciario Superior.</p> <p>Tpal(lu).- La unidad se encuentra dispuesta en estratos medianos, y presenta concreciones de pedernal e intemperismo en forma de almendrillas. Es parte de la Formación Velasco, del Paleoceno Inferior, y cubre discordantemente a depósitos del Cretácico Inferior y Superior. Asimismo, existe otra secuencia alternante de areniscas, lutitas y margas, depositadas en facies de talud, con microfósiles del Paleoceno que permiten correlacionarla con la parte baja del grupo Chicotepec y con la Formación Velasco. Sobreyace en discordancia a las rocas calcáreas del Cretácico Inferior; está cubierta en su mayor parte por materiales terrígenos del Eoceno, y sólo en algunas áreas por rocas ígneas extrusivas del Terciario Superior.</p> <p>Tpal(lu-ar).- Está formada por una interestratificación de lutita y arenisca (secuencia tipo flysch), que presentan huellas de pistas de organismos; sobreyace en concordancia a las unidades de caliza y lutita del Cretácico Superior. Pertenecen a la formación Chicotepec y se sitúan entre las partes bajas de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo Norte, en los extremos norte y sureste de la entidad. Asimismo, existen afloramientos de esta unidad hacia el extremo sureste del estado. Aquí, las areniscas forman estratos de 10 a 30 cm de espesor; guardan impresiones de plantas mal conservadas y en ocasiones contienen foraminíferos; descansa sobre calizas del Cretácico Superior, y está cubierta por areniscas y conglomerados del Mioceno.</p> <p>Ts(lgea).- Tiene afloramientos en la parte norte y oeste de la entidad de Puebla, e incluye a un conjunto de rocas volcánicas, principalmente piroclásticas, de diversas características. Comprende tobas dacíticas, riocácíticas e ignimbríticas. La secuencia se presenta en seudocapas casi horizontales, y con ocasionales intercalaciones de obsidiana, pumicita, basalto y derrames riolíticos. Hacia el área de Chignahuapan, la unidad incluye extensos afloramientos de riolita esferulítica, de estructura fluidal, cubiertas por andesita. En terrenos de Izúcar de Matamoros, está integrada por toba ácida en pseudoestratos de 2 m de espesor, aproximadamente, y por algunas intercalaciones de toba intermedia con lapilli pumicítico. Se encuentra sobre basalto del Terciario Superior y sobre</p>

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<p>caliza del Cretácico Inferior y Superior.</p> <p>Ts(lgeb).- En la zona del Eje Neovolcánico perteneciente a la entidad, son comunes los basaltos, brechas y depósitos piroclásticos de composición básica del Terciario Superior, cartografiados como Ts(lgeb). Al norte del estado de Puebla, afloran en varias zonas basaltos masivos, columnares, con abundantes vesículas y amígdalas de calcita. Su fracturamiento es escaso a moderado y llegan a presentar intemperismo esferoidal. Conforman mesas y cuellos volcánicos; cubren discordantemente a las rocas marinas arcilloarenosas del Terciario Inferior. Al sur de la entidad, existen también afloramientos de basalto del Terciario Superior. Se presentan de color gris oscuro, vesiculares, en derrames de superficies acordonadas y en bloques. Sobre estos basaltos, se encuentra una intercalación de brecha volcánica y coladas basálticas de color verdoso y ocre, que es correlacionable con el miembro intermedio de la formación Huajuapán. Estas rocas sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Terciario Inferior, Mesozoico y Paleozoico, así como a las rocas metamórficas del Complejo Acatlán.</p> <p>Ts(lgei).- Constituye la base del paquete de rocas volcánicas de la región de la Faja Volcánica Mexicana o Eje Neovolcánico. Esta unidad pertenece al Terciario Superior y aflora ampliamente en toda la parte centro y centro norte del estado. Conforman la mayor parte de las grandes estructuras volcánicas, como el Pico de Orizaba, La Malinche, El Popocatepetl e Iztaccíhuatl. Incluye a varias unidades de composición andesítica de diversa textura, como brechas volcánicas, tobas y derrames, que sobreyacen discordantemente a rocas sedimentarias del Mesozoico. A su vez, se encuentran cubiertas por tobas ácidas y ceniza volcánica del Terciario Superior y Cuaternario. En la parte sur y suroeste del estado, la unidad está representada por derrames tipo "AA" de andesita porfídica amigdalóide, que presentan intemperismo esferoidal; y por cuerpos de toba vitrocrystalina de composición andesítica con pseudoestratificación. Descansa sobre sedimentos continentales del Terciario Inferior y sobre rocas metamórficas del Paleozoico y está cubierta por basaltos y brechas volcánicas básicas.</p>
	<p>Relieve del área de estudio</p>	<p>El municipio de Xicotepec de Juárez se localiza en la parte noroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 14' 18" y 20° 26' 12" de latitud norte y los meridianos 97° 45' 00" y 98° 03' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al norte con Jalpan, al sur con Juan Galindo y Zihuateutla, al oeste con Zihuateutla y al poniente con Tlacuilotepec.</p> <p>El municipio pertenece a dos regiones morfológicas de la cota 1,000 hacia el noroeste, al declive del Golfo y de la misma cota hacia el sureste a la Sierra Negra.</p> <p>El declive del Golfo es el declive septentrional de la Sierra Norte hacia la llanura costera del Golfo y se caracteriza por sus numerosas chimeneas volcánicas y lomas aisladas; en tanto que la sierra norte o sierra de Puebla está formada por sierras más o menos individuales, paralelas, comprimidas unas con las otras y suelen formar grandes o pequeñas antiplanicies intermontañas que aparecen frecuentemente escalonadas hacia la costa.</p> <p>La porción occidental del municipio es bastante accidentada, ya que presenta constantes ascensos y descensos que muestran, una tendencia a declinar abruptamente hacia donde pasa el río San Marcos. Destacando una serie de cerros y sierras pequeñas como el Nactanca, Peña Blanca, Las Pilas, entre otros, aunque cabe destacar una zona más o menos plana, donde se asienta la ciudad de Xicotepec de Juárez.</p> <p>La porción oriental muestra un relieve diferente; se alcanzan dos grandes Mesas, la Junta y Planada, con más de 10 km de largo y 4 de ancho. Su descenso hacia el río el Metate y San Marcos es abrupto. Su altura con respecto al mar oscila entre 200 y 1,600 metros.</p> <p>El Sistema Ambiental se ubica dentro de las siguientes provincias fisiográficas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sierra Madre Oriental • Llanura Costera del Golfo Norte • Eje Neovolcánico <p>Y en las subprovincias fisiográficas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carso Huasteco • Llanuras y Lomeríos • Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
Edafología	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Lagos y Volcanes de Anáhuac <p>Las unidades de suelo presentes en el Sistema Ambiental son las siguientes:</p> <p>Acrisol (A).- Literalmente, suelo ácido. Son suelos que se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas como las sierras orientales de Oaxaca, llanura costera veracruzana, sierra lacandona y Altos de Chiapas. En condiciones naturales tienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos o amarillos claros con manchas rojas, muy ácidos y pobres en nutrientes. En México se usan en la agricultura con rendimientos muy bajos, salvo los frutales tropicales como cacao, café o piña, en cuyo caso se obtienen rendimientos de medios a altos; también se usan en la ganadería con pastos inducidos o cultivados; sin embargo, el uso más adecuado para la conservación de estos suelos es el forestal.</p> <p>Cambisol (B).- Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.</p> <p>Rendzina (E).- Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos -por debajo de los 25 cm- pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. En el estado Yucatán se utilizan también para la siembra de henequén con buenos rendimientos y para el maíz con rendimientos bajos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, no tienen subunidades.</p> <p>Feozem (H).- Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego.</p> <p>Litosol (I).- Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.</p> <p>Fluvisol (J).- Literalmente, suelo de río. Se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Se encuentran en todos los climas y regiones de México cercanos siempre a lechos de los ríos. Los ahuehetes, ceibas y sauces son especies típicas que se desarrollan sobre estos suelos. Los Fluvisoles presentan capas</p>

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<p>alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos. Sus usos y rendimientos dependen de la subunidad de Fluvisol que se trate. Los más apreciados en la agricultura son los Fluvisoles mólicos y calcáricos por tener mayor disponibilidad de nutrientes a las plantas.</p> <p>Castañosem (K).- Suelos alcalinos que se encuentran ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos como las sierras y llanuras del norte de Zacatecas, parte del Bolsón de Mapimí y las llanuras occidentales de San Luis Potosí. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Frecuentemente tienen más 70 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. En México se usan para ganadería extensiva mediante el pastoreo o intensiva mediante pastos cultivados con rendimientos de medios a altos; en la agricultura son usados para el cultivo de granos, oleaginosas y hortalizas con rendimientos generalmente altos, sobre todo si están bajo riego, pues son suelos con alta fertilidad natural. Son moderadamente susceptibles a la erosión.</p> <p>Luvisol (L).- Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas como los Altos de Chiapas y el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en los estados de Durango y Nayarit, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos como los Altos de Jalisco o los Valles Centrales de Oaxaca. La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. En algunos cultivos de café y frutales en zonas tropicales, de aguacate en zonas templadas, donde registran rendimientos muy favorables. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo, debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles.</p> <p>Nitosol (N).- En México se localizan principalmente en los Carso de Yucatán y Campeche que son regiones cálidas y con vegetación natural de selva. Los Nitosoles son suelos de color rojizo muy brillante y enriquecidos de arcilla en todo su espesor, por lo menos hasta 150 cm de profundidad. Son suelos muy profundos pero con una capa superficial muy delgada de color oscuro, donde la parte orgánica está bien mezclada con la parte mineral. Su fertilidad natural es alta. En las costas de Nayarit se destinan al cultivo del tabaco y mediante pastizales inducidos dan buenos resultados en la cría de bovinos. Sin embargo, su uso óptimo es el forestal pues conserva mejor la potencialidad natural de estos suelos. Tienen susceptibilidad a la erosión de baja a moderada.</p> <p>Regosol (R).- Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y que son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos. En Jalisco y otros estados del centro se cultivan granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.</p> <p>Andosol (T).- Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófono, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. Se extienden territorialmente en las regiones de Mil Cumbres y la Neovolcánica Tarasca, en el estado de Michoacán, en las Sierras Neovolcánicas Nayaritas, Sierra de los Tuxtlas en Veracruz y en la región de Lagos y Volcanes de Anahuac, en el centro del país. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad. En condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Sin embargo, con programas adecuados de fertilización, muchas regiones aguacateras de Michoacán, por ejemplo, consiguen rendimientos muy altos. Tienen también uso pecuario especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son muy susceptibles a la erosión eólica.</p> <p>Vertisol (V).- Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento</p>

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<p>llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de importantes distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. En estos suelos se produce la mayor parte de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.</p>
Hidrología	Superficial	<p>El Sistema Ambiental se localiza en la Región Hidrológica 27 Tuxpan – Nautla, en las cuencas del río Tecolutla, río Cazones y río Tuxpan y en las subcuencas del río Tecolutla, río Necaxa, río Laxaxalpan, río Cazones, río San Marcos, río Tenixtepec y río Pantepec.</p>
	Permeabilidad	<p>El Sistema Ambiental se localiza en las tres Unidades Geohidrológicas de Permeabilidad (alta, media y baja).</p> <p>Materiales con Permeabilidad Alta. Comprende rocas con alta porosidad, fracturas abiertas e intercomunicadas entre sí, libres de obstrucciones como arcillas o vetillas. Dentro de este rango se incluyen a sedimentos aluviales y depósitos piroclásticos no consolidados de tamaño grueso y medio, como gravas y arenas, que pueden tener una cantidad despreciable de arcillas. Estos materiales (si su extensión y posición topográfica y estratigráfica así lo permiten), son capaces de almacenar agua y funcionar como acuíferos de excelente rendimiento. En otro caso, si estas rocas y materiales granulares se encuentran en zonas montañosas, pueden servir como áreas de infiltración o recarga y transmitir el agua hacia los valles.</p> <p>Materiales con Permeabilidad Media. Pertenecen a este rango, las rocas con porosidad y fracturamiento moderados, así como los materiales granulares con una proporción considerable de arcillas, pero que pueden permitir un flujo moderado de agua a través de ellas. Estas unidades pueden constituir buenas zonas de recarga y acuíferos de rendimiento modesto, como para abastecer a pequeñas localidades y admitir el desarrollo de actividades agropecuarias de pequeña escala.</p> <p>Materiales con Permeabilidad Baja. Son rocas muy compactas o cementadas, que por su baja o casi nula porosidad, o por su fracturamiento escaso, cerrado, sellado o superficial, se comportan como una barrera prácticamente impermeable a el paso del agua. Los sedimentos con predominio arcilloso, se comportan de manera similar (pueden absorber agua pero no permitir su flujo). En estos materiales, no pueden prosperar aprovechamientos de agua subterránea. Se consideran aquí a las rocas ígneas intrusivas ácidas del Terciario que se hallan en el área de Totoltepec, Chiauzumba y Ometepec, lo mismo que las rocas metamórficas paleozoicas que dominan en la región de la mixteca y afloran en una pequeña zona a unos 10 km al norte de Tlatlauquitepec. Se incluyen a las cataclasitas de presumible edad cretácica que ocupan una extensa franja de la sierra Mazateca, así como a las unidades sedimentarias arcillosas del Terciario Inferior que se distribuyen en los extremos norte y noreste de Puebla.</p>
Vegetación	Vegetación Terrestre	<p>El Sistema Ambiental se encuentra en los siguientes Usos de Suelo y Vegetación Serie VI:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura de Humedad Anual (HA). • Agricultura de Temporal Anual y Permanente (TAP). • Agricultura de Temporal Anual y Semipermanente (TAS). • Agricultura de Temporal Anual (TA). • Agricultura de Temporal Permanente (TP). • Agricultura de Temporal Semipermanente y Permanente (TSP). • Asentamientos Humanos (AH). • Bosque Cultivado (BC). • Bosque de Encino-Pino (BQP). • Bosque de Pino (BP). • Bosque de Pino-Encino (BPQ). • Bosque Mesófilo de Montaña (BM). • Desprovisto de Vegetación (ADV). • Pastizal Cultivado (PC).

Factor Ambiental	Unidad o componente a analizar	Síntesis de la situación actual del componente
		<ul style="list-style-type: none"> • Pastizal Inducido (PI). • Selva Baja Caducifolia (SBC). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Oyamel (VSa/BA). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino (VSa/BP). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino (VSa/BPO). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña (VSa/BM). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Perennifolia (VSa/SAP). • Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Subperennifolia (VSa/SAQ). • Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino (VSA/BP). • Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña (VSA/BM). • Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia (VSA/SAP). • Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque Mesófilo de Montaña (Vsh/BM). • Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Alta Perennifolia (VSh/SAP). <p>Es importante señalar que, con base a las actividades implicadas en el desarrollo del proyecto y su naturaleza, no se considera el derribo ni poda de árboles.</p>
Fauna	Fauna Terrestre	<p>La fauna terrestre está compuesta por gato montés, conejo, armadillo, tlacuache, zorro, coyote, murciélagos, tejón, mapache, tuza real, ardilla, comadreja, marta. En el caso de las aves: gavilán, zopilotes, primaveras, clarín, papan y papan real, colibrí.</p> <p>Sin embargo, es de suma importancia recalcar que no se afectarán especies endémicas ni de interés conforme a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
Sector Socio-económico	Sector Productivo	<p>Las principales actividades del Municipio de Xicotepec de Juárez son la cafecultura y comercio.</p>
	Infraestructura social	<p>Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública (18.08% del total), viviendas con un solo cuarto (18.6%), viviendas con piso de tierra (12.6%), viviendas que no disponen de drenaje (9.1%), viviendas sin ningún bien (5.9%) y viviendas que no disponen de energía eléctrica (2%).</p> <p>Viviendas que no disponen de lavadora (69.8% del total), viviendas que no disponen de refrigerador (40.9%) y viviendas sin excusado/sanitario (2.6%).</p>

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1. Identificación de impactos

El impacto ambiental es la transformación, modificación o alteración de cualquiera de los componentes del medio ambiente (biótico, abiótico y humano), como resultado del desarrollo de un proyecto en sus diversas etapas. La información sobre los impactos ambientales potenciales de una acción propuesta forma la base técnica para comparaciones de alternativas, inclusive la alternativa de no acción.

Todos los efectos ambientales significativos, inclusive los beneficiosos, deben recibir atención. Aunque el término de "impacto ambiental" se ha interpretado en el sentido negativo, muchas acciones tienen efectos positivos significativos que deben definirse y discutirse claramente (generación de empleos, beneficios sociales, entre otros).

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Los métodos utilizados en el presente estudio para la identificación y evaluación de impactos sobre el medio ambiente o sobre alguno de sus componentes son "Matriz Causa-Efecto" y la "Metodología de Domingo Gómez Orea". Estos son métodos cualitativos y cuantitativos, son muy valiosos para valorar diversas alternativas del mismo proyecto, así como establecer medidas correctas para contrarrestar efectos negativos que pudieran ocasionar un desequilibrio ecológico. A continuación se explican para su mejor comprensión.

Con el primer método las entradas en filas y columnas se pueden definir las relaciones existentes entre las actividades que se llevarán a cabo y el entorno en el que se pretende realizar el proyecto.

Como el número de acciones que figura en la matriz son cien, y ochenta y ocho el número de efectos ambientales que se proponen con este método, resultan ocho mil ochocientas interacciones posibles, de las cuales, afortunadamente, sólo pocas son de interés especial.

Por otro lado es necesario recordar que no todas las acciones se aplican en todos los proyectos, y que no todos los componentes ambientales afectables potencialmente son realmente susceptibles de ser modificados, con lo que la matriz de interacción se reduce notablemente, así como el número de interacciones, hasta el punto de permitir que la información que se obtenga de esta matriz sea manejable.

Además, de acuerdo a las características propias del proyecto, es posible que puedan agregarse otras acciones y parámetros que no estén contenidos en las listas de verificación sugeridas por el método.

El primer paso para la utilización de Matriz de Causa- Efecto consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se consideran todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proyecto en cuestión. A continuación, se requiere considerar todos aquellos indicadores ambientales de importancia (filas), trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y a la fila (componente) consideradas.

Una vez hecho esto para todas las acciones, se tendrán marcadas las cuadrículas que representen interacciones o los efectos a tener en cuenta. Después de que se han marcado las cuadrículas que representan los impactos posibles, se procede a una evaluación individual de los más importantes; así cada cuadrícula admite dos valores:

- Magnitud, según el número de 1 a 5, en el que 5 corresponde a la alteración máxima provocada en el componente ambiental considerado, y 1 la mínima.
- Importancia (ponderación), que da el peso relativo que el componente ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones.

Los valores de magnitud van precedidos de un signo positivo (+) o negativo (-), según se trate de efectos en provecho o desmedro del medio ambiente, respectivamente, entendiéndose como provecho a aquellos componentes que mejoran la calidad ambiental.

La forma como cada acción propuesta afecta a los parámetros ambientales analizados, se puede visualizar a través de los promedios positivos y promedios negativos para cada columna, que no son más que la suma cuadrículas marcadas cuya magnitud tenga el signo positivo y negativo respectivamente.

Con los promedios positivos y negativos no se puede saber que tan beneficiosa es la acción propuesta, para definir esto se recurre al promedio aritmético. Para obtener el valor en el casillero respectivo, sólo basta multiplicar el valor de la magnitud con la importancia de cada casillero, y adicionarlos algebraicamente según cada columna. De igual forma las mismas estadísticas que se hicieron para cada columna deben hacerse para cada fila.

En síntesis para elaborar la Matriz de Evaluación de Impactos Causa- Efecto se aplicaron los siguientes procedimientos:

1. Determinar el área a evaluar.
2. Determinar las acciones que ejercerá el proyecto sobre el área.
3. Determinar para cada acción, que elementos se afectan, (Indicadores ambientales).
Esto se logra mediante el rayado correspondiente a la cuadrícula de interacción.
4. Determinar la importancia de cada elemento en una escala de 1 a 5.

5. Determinar la magnitud de cada acción sobre cada elemento de en una escala de 1 a 5.
6. Determinar si la magnitud, es positiva o negativa.
7. Determinar cuantas acciones del proyecto afectan al ambiente, desglosándolas en positivo o negativas.
8. Establecer los números de impactos positivos y negativos.
9. Determinar cuántos elementos del ambiente son afectados por el proyecto, desglosándolos en positivos y negativos.
10. Establecer las sumatorias totales de los impactos.

A partir de esto se procederá a su evaluación con base a Domingo Gómez Orea y de esta manera poder establecer correctas medidas ya sean preventivas, de mitigación o en su caso de compensación.

Criterios

Los criterios y escalas de evaluación son:

Tabla 30. Criterios para la evaluación de los impactos ambientales

Criterio	Descripción	Clasificación	Valor
Naturaleza	Indica si el impacto mejora o deteriora el ambiente	Beneficioso	+
		Perjudicial	-
Acumulación	Indica si el efecto del impacto se suma a los efectos de los otros elementos ambientales.	Simple	1
		Acumulativo	2
Relación Causa-Efecto	Indica la vía de propagación del impacto	Indirecto	1
		Directo	2
Extensión	Refleja el grado de cobertura de un impacto en el sentido de su propagación espacial	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	3
		Total	4
		Crítico	5
Intensidad	Refleja el grado de alteración o cambio de una variable ambiental	Baja	1
		Media	2
		Alta	3
		Muy alta	4
		Total	5

Criterio	Descripción	Clasificación	Valor
Momento	Indica el momento en que ocurre el impacto	Largo plazo	1
		Mediano plazo	2
		Inmediato	3
		Crítico	4
Periodicidad	Refleja el grado de ocurrencia del impacto	Irregular, Discontinuo	1
		Periódico	2
		Continuo	3
Persistencia	Indica el tiempo que permanecerá el efecto a partir de la aparición	Fugaz	1
		Temporal	2
		Permanente	3
Recuperabilidad	Indica la posibilidad de que el elemento afectado alcance o mejore las condiciones originales mediante las medidas correctoras.	De manera inmediata	1
		A medio plazo	2
		Mitigable	3
		Irrecuperable	4
Reversibilidad	Característica que indica la posibilidad de que el componente ambiental afectado recupere su condición base, en forma natural o mediante acciones.	Corto plazo	1
		Mediano plazo	2
		Irreversible	3
Sinergismo	Refleja si el efecto del impacto provoca la generación de nuevos impactos.	Sin sinergismo	1
		Sinérgico	2
		Muy sinérgico	3
Presencia	Refleja la importancia del efecto del impacto ambiental.	Mínima	1
		Notable	2

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, la valoración cualitativa se puede realizar con la siguiente clasificación:

- **Compatible.** Cuando la recuperación no precisa las medidas correctoras y la misma es inmediata tras el cese de la actividad.
- **Moderado.** La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo y no se precisan medidas correctoras intensivas.
- **Severo.** La recuperación de las condiciones del medio exige la puesta en marcha de medidas correctoras y, a pesar de ello, la recuperación precisa de un tiempo dilatado.
- **Crítico.** La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida irrecuperable de las condiciones ambientales originales, incluso con la adopción de medidas correctoras.

Considerando los valores que se asignaron a cada criterio se tienen los siguientes rangos de valores para la jerarquización de los impactos.

Tabla 31. Criterios para la jerarquización de los impactos

Jerarquización de impactos ambientales para naturaleza Positiva	Jerarquización de impactos ambientales para naturaleza negativa	Rango de valores
Beneficio bajo	Compatible	<12
Beneficio medio	Moderado	12-20
Beneficio alto	Severo	20-28
Beneficio muy alto	Crítico	28-34

V.2. Caracterización de los impactos

V.2.1. Indicadores de impacto y de cambio climático

Realizando una evaluación sobre los capítulos II y III, dado que los impactos identificados suelen ser numerosos, se agruparán tomando como base las actividades del proyecto y los factores ambientales y socioeconómicos que son afectados directamente. Con base en las condiciones ambientales actuales, se determinaron los indicadores de impacto.

- Componentes Abióticos

Aire

Calidad del Aire (generación de partículas y emisiones a la atmósfera)

El aire en general puede ser afectado por la emisión de polvos, gases provenientes de la combustión de combustibles fósiles. La contaminación a éste factor en el proyecto se debe principalmente al uso de maquinaria, equipo y vehículos. Se puede dividir en la generación de gases de combustión, emisión de partículas y ruido.

La generación de gases se debe tanto uso de maquinaria como al transporte de

material extraído. Aunque la combustión de los motores genera partículas que se quedan suspendidas en el aire, no es la única fuente de éste tipo de contaminante.

Como indicador, para que la calidad del aire sea buena, deberá emitirse a la atmósfera como máximo los límites establecidos en las siguientes normas:

- NOM-041-SEMARNAT-2006.- Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape los vehículos automotores en circulación que utilizan gasolina como combustible.
- 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.

Generación de ruido

Para contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, ocasionada por automóviles, excavadora, entre otras, es necesario tomar lo establecido en las siguientes Normas oficiales mexicanas, y compararlo con lo que se genera en el lugar de trabajo. Para que se tenga un efecto mínimo, el ruido producido en la mina no se debe rebasar los límites establecidos:

- NOM-080-SEMARNAT-1994.- Referente a los límites máximos permisibles de ruido provenientes del escape de vehículos automotores.

Agua

Disminución de disponibilidad de agua

Se considera existirá una explotación de agua proveniente del Manantial lo que podría provocar una sobreexplotación del mismo, como indicador deberá usarse los sistemas de medición así como realizar de forma periódica estudios de disponibilidad del manantial.

Generación de aguas residuales

El agua utilizada durante la preparación del sitio y construcción del proyecto no será extraída en el área del proyecto, ya que está será suministrada por pipas autorizadas y será utilizada para cubrir las necesidades de los trabajadores, durante las actividades de preparación del sitio y construcción

Para el consumo de agua de los trabajadores se comprarán garrafones a razón de 3 litros por persona diarios.

Durante el desarrollo del presente proyecto no se realizará ninguna descarga de agua residual, ya que se contratará una empresa para la instalación y mantenimiento de baños portátiles en todas las etapas del proyecto.

Suelo

Calidad del suelo (contaminación del suelo)

La calidad del suelo se verá afectada por la pérdida y compactación del suelo donde se realizarán las obras. Así mismo en las diferentes etapas del proyecto se generarán residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos

Los indicativos para determinar la calidad del suelo en el caso del proyecto serán:

- Tipo y volumen de residuos generados

- Disposición y manejo de los residuos generados
- Componentes Bióticos

Flora

Pérdida de la cubierta vegetal

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, podría existir afectación a la cubierta vegetal derivado del desplante y construcción de proyectos, sin embargo se seleccionaron sitios que no cuentan con cobertura de este tipo, y en la zona de conducción solo existe maleza.

Fauna

Desplazamiento de fauna

La fauna que pudiera existir en la zona se verá ahuyentada durante las etapas de preparación del sitio y construcción, por la presencia de los trabajadores, pero durante la operación esta no se verá afectada ya que el sistema es automático.

- Componentes Socioeconómicos

Generación de empleo

El indicativo más claro para este indicador es el número de empleos generados por el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas y por los servicios conexos.

Demanda de bienes y servicios

La lista indicativa para este elemento es:

- Número de individuos y/o construcciones afectados por distintos niveles de emisión de ruidos y/o contaminación atmosférica; impacto del proyecto en el favorecimiento de la inmigración.
- Variación de la productividad y de la calidad de la producción derivada del establecimiento del proyecto; variación del valor del suelo en las zonas aledañas al sitio donde se establecerá el proyecto.
- Incremento en la actividad comercial de las comunidades vecinas como consecuencia del desarrollo del proyecto.
- Número de personas beneficiadas por acceso a agua potable

V.3. Valoración de los impactos

Como ya se había mencionado para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se ocupa la Matriz de Causa- Efecto, esta metodología permite identificar los impactos en las diversas fases del proyecto (operación y mantenimiento, abandono del sitio, etc.). La matriz producida finalmente contiene los diferentes impactos y algunas de sus características-categorías.

Tiene las siguientes ventajas:

- Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectuales sobre diferentes componentes (indicadores) ambientales.
- Incorpora la consideración de magnitud e importancia de un impacto ambiental.
- Permite la comparación de alternativas, desarrollando una matriz para cada opción.
- Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental.

Para la identificación de los efectos potenciales en el área de estudio, inherentes al desarrollo del proyecto, se consideró la situación actual de los componentes ambientales, a la cual se le insertaron las actividades del proyecto y posteriormente se procedió a la identificación de las perturbaciones y efectos. La valoración de los componentes ambientales es la siguiente.

Tabla 32. Importancia de los Factores Ambientales

Factores Ambientales	Valor
Medio abiótico	
Aire	
Calidad del aire	1
Generación de ruido	1
Agua	
Disminución de disponibilidad de agua	1
Generación de aguas residuales	1
Suelo	
Calidad del suelo	1
Medio biótico	
Flora	
Pérdida de la cubierta vegetal	1
Fauna	
Desplazamiento de fauna	1
Medio socioeconómico	
Generación de empleo	1
Demanda de bienes y servicios	1

En la siguiente tabla de Causa- Efecto se muestra el análisis de los efectos ambientales generados por las actividades inherentes al desarrollo del proyecto.

Tabla 33. Matriz de Causa- Efecto

Etapa	Preparación del sitio		Construcción			Operación y mantenimiento		Abandono del sitio		Particulares						Valoración cuantitativa													
	Limpeza y trazo	Excavación y compactación	Cimbrado y colado	Construcción e instalación de infraestructura	Instalación de tubería	Distribución de agua	Mantenimiento de infraestructura	Relevo de equipos y aditamentos	Actividades humanas	Uso de maquinaria y vehículos	Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos peligrosos	Numero de impactos positivos	Numero de impactos negativos	Sumatoria total de impactos													
Actividad, factor ambiental	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I											
Medio abiótico																													
Aire																													
Calidad del aire	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	1	-1	1	0	1	0	1	-1	1	0	1	0	1	0	7	-7				
Generación de ruido	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	-1	1	-1	1	0	1	0	1	0	7	-7				
Agua																													
Disminución de disponibilidad de agua	-1	1	-1	1	0	1	0	1	-1	1	-2	1	0	1	1	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	1	5	-5		
Generación de aguas residuales	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-2	1	-1	1	0	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	0	8	-9		
Suelo																													
Calidad del suelo	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	1	-1	1	0	9	-9
Medio biótico																													
Flora																													
Pérdida de la cubierta vegetal	-1	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	-2		
Fauna																													
Desplazamiento de fauna	-1	1	-1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	-2		
Medio socioeconómico																													
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12	0	12		
Demanda de bienes y servicios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	12	0	13	
Número de impactos positivos	2		2		2		2		2		2		3		2		2		2		0		2		25				
Número de impactos negativos	7		7		4		4		5		2		2		0		3		4		1		0		1		40		
Sumatoria total de impactos	-5		-5		-2		-2		-3		-1		0		3		-1		-2		1		0		1		-16		

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El efecto que cada actividad tiene sobre el indicador ambiental analizado se saca a partir del producto de la magnitud que la actividad va a tener por la importancia del factor ambiental.

$$MI_i = (A_i)(IA_i)$$

Donde:

MI_i = Magnitud del impacto



(A_i) =Actividad a realizar

(IA_i) =Factor ambiental

A través de los cuales se sacaron el número de impactos positivos y negativos para cada columna y posteriormente se realizó la sumatoria total de impactos de esta forma podemos visualizar la forma como cada actividad del proyecto afecta a los parámetros ambientales analizados.

Los valores que se registran en sumatoria total indican cuan beneficioso o perjudicial es la actividad de las diferentes etapas del desarrollo del proyecto.

A continuación se muestran las actividades con los valores obtenidos para evidenciar cuales en que etapas se muestran impacto negativos y positivos y así poder sustentar el desarrollo del proyecto.

Tabla 34. Resumen de la evolución de la matriz de Causa- Efecto por actividad

Actividad	Valor	Interpretación
Preparación del sitio		
Limpieza y trazo	-5	Moderado
Excavación y compactación	-5	Moderado
Construcción		
Cimbrado y colado	-2	No significativo
Construcción e instalación de infraestructura	-2	No significativo
Instalación de tubería	-3	No significativo
Operación y mantenimiento		
Distribución de agua	-1	No significativo
Mantenimiento de infraestructura	0	No significativo
Abandono del sitio		
Retiro de equipos y aditamentos	3	No significativo
Particulares		
Actividades humanas	-1	No significativo
Uso de maquinaria y vehículos	-2	No significativo
Generación de residuos sólidos urbanos	1	No significativo
Generación de residuos de manejo especial	0	No significativo
Generación de residuos peligrosos	1	No significativo

Se aplica el mismo criterio para las filas de la matriz y se observa los impactos hacia los componentes ambientales:

Tabla 35. Resumen de la valoración de la matriz de Causa- Efecto para los componente o factores ambientales

Factores Ambientales	Valor	Interpretación
Medio abiótico		
Aire		
Calidad del aire	-7	Moderado
Generación de ruido	-7	Moderado
Agua		
Disminución de disponibilidad de agua	-5	Moderado
Generación de aguas residuales	-9	Significativo
Suelo		
Calidad del suelo	-9	Significativo
Medio biótico		
Flora		
Pérdida de la cubierta vegetal	-2	No significativo
Fauna		
Desplazamiento de fauna	-2	No significativo
Medio socioeconómico		
Generación de empleo	12	Significativo
Demanda de bienes y servicios	13	Significativo

En conclusión, se encuentran efectos adversos al medio ambiente durante todas las etapas. Sin embargo existen medidas de prevención y mitigación que pueden reducir los efectos en estas etapas.

Identificación de impactos

En la siguiente Tabla se analizan los impactos ambientales identificados a partir de la matriz de Causa - Efecto por las actividades inherentes al desarrollo del proyecto y que ya han sido realizadas.

Tabla 36. Impactos ambientales identificados

Indicador Ambiental	Etapa	Actividad	Descripción del impacto
Aire	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.
		Excavación y compactación	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.
		Instalación de tubería	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.
	Operación y mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.
Particulares	Uso de maquinaria y vehículos	El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio	
Agua	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores
		Excavación y compactación	Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga
	Construcción	Cimbrado y colado	Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores
		Construcción e instalación de infraestructura	Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores
		Instalación de tubería	Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores
	Operación y mantenimiento	Distribución de agua	Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.
Suelo	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo
		Excavación y compactación	Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto
		Instalación de tubería	Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo
	Particulares	Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.
		Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.
		Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento
Flora	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio
		Excavación y compactación	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio
Fauna	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.
		Excavación y compactación	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.
Socio-económico	Todas las etapas	Todas las actividades	El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales eran suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población

Por lo cual una vez identificados los impactos ambientales, establecido los criterios y escala de evaluación, así como jerarquización de impactos se procedió a evaluarlos respecto a la “metodología de Domingo Gómez Orea”, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 37. Evaluación de Impactos Ambientales

Impactos Significativos Identificados	Criterios de evaluación de impacto ambientales												Jerarquización del impacto	
	Naturaleza (NA)	Acumulación (AC)	Relación causa efecto (RCE)	Extensión (EX)	Intensidad (IN)	Momento (MO)	Periodicidad (PR)	Persistencia (PE)	Recuperabilidad (MC)	Reversibilidad (RV)	Sinergismo (SI)	Presencia (PNC)		
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.	-1	2	2	1	2	3	1	1	1	1	1	2	-17	Moderado
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.	-1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	2	-19	Moderado
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado	-1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	-18	Moderado
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.	-1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	-17	Moderado
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.	-1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	-1	1	-15	Moderado
Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.	-1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	-18	Moderado
El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio	-1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	-18	Moderado
Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	-1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	-15	Moderado
Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga	-1	2	2	1	1	3	1	3	3	2	2	1	-21	Severo
Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de	-1	2	2	1	1	3	1	2	3	2	1	1	-19	Moderado

Impactos Significativos Identificados	Criterios de evaluación de impacto ambientales												Jerarquización del impacto	
	Naturaleza (NA)	Acumulación (AC)	Relación causa efecto (RCE)	Extensión (EX)	Intensidad (IN)	Momento (MO)	Periodicidad (PR)	Persistencia (PE)	Recuperabilidad (MC)	Reversibilidad (RV)	Sinergismo (SI)	Presencia (PNC)		
trabajadores														
Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	-1	2	2	1	1	3	2	2	3	1	1	1	-19	Moderado
Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	-1	2	2	2	1	3	1	2	3	1	1	1	-19	Moderado
Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.	-1	1	2	2	2	2	2	2	3	1	2	1	-20	Moderado
Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo	-1	2	2	1	1	3	1	2	3	2	1	2	-20	Moderado
Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña	-1	2	2	1	1	3	1	2	3	3	1	1	-20	Moderado
Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	-1	1	1	1	1	3	2	2	3	1	1	1	-17	Moderado
Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	-1	1	2	1	2	3	2	2	3	2	1	1	-20	Moderado
Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	-1	1	1	1	1	3	1	2	3	1	1	1	-16	Moderado
Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.	-1	1	1	1	1	3	1	2	3	1	1	1	-16	Moderado
Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.	-1	2	1	1	1	3	1	2	3	1	2	1	-18	Moderado
Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento	-1	2	1	1	1	3	1	2	3	2	1	1	-18	Moderado

Impactos Significativos Identificados	Criterios de evaluación de impacto ambientales												Jerarquización del impacto	
	Naturaleza (NA)	Acumulación (AC)	Relación causa efecto (RCE)	Extensión (EX)	Intensidad (IN)	Momento (MO)	Periodicidad (PR)	Persistencia (PE)	Recuperabilidad (MC)	Reversibilidad (RV)	Sinergismo (SI)	Presencia (PNC)		
El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	-1	2	2	1	2	3	2	2	3	1	1	1	-20	Moderado
El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	-1	1	2	1	1	3	1	2	3	2	1	1	-18	Moderado
El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	-1	2	2	1	1	3	1	2	3	2	1	1	-19	Moderado
El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	-1	2	2	1	1	3	1	2	3	1	1	1	-18	Moderado
El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales eras suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población	1	1	2	1	1	3	2	2	3	1	1	1	18	Beneficioso Medio

Como se puede apreciar en la tabla antes analizada, los impactos, se encuentran dentro del área de impactos negativos, en el rango moderado. Para este caso la recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo y no se precisan medidas correctoras intensivas.

V.4. Impactos residuales

El impacto residual es aquel efecto que permanece en el ambiente, aún después de las medidas de mitigación, y son generalmente aquellos impactos que no pueden ser corregidos, ya sean benéficos o adversos. Los que son adversos pero reducidos en su magnitud por alguna medida de mitigación, pero no eliminados; o bien que su efecto se suma a los efectos de impactos resultantes de acciones particulares simultáneas o preexistentes, también entran dentro de esta clasificación. Con base a esta pequeña descripción, se puede decir que los impactos residuales identificados en este proyecto son los siguientes:

Existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, y que son denominados impactos residuales y representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente.

Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación es factible que un impacto que puede alterar el funcionamiento o la estructura de cierto componente o proceso ecosistémico dentro del sistema ambiental reduzca su efecto o significancia. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales (como bien pueden ser algunos de los expresados en la siguiente tabla). La identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente, en consecuencia, el resultado de los efectos residuales aporta la definición y el análisis del “costo ambiental” del proyecto, entendiendo por tal la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el sistema ambiental regional. Por lo anterior, es importante ofrecer una descripción y valoración de la residualidad de los impactos que el proyecto puede potencialmente ocasionar.

Tabla 38. Evaluación de Impactos Ambientales Residuales

Factor ambiental	Parámetro ambiental	Impacto residual potencial
Aire	Calidad del aire	Cabe la posibilidad de que las emisiones de partículas suspendidas y generación de ruido por el uso de la maquinaria, vehículos y de sus emisiones por la quema de combustibles fósiles tenga un impacto residual en el aire modificando su calidad.
Agua	Calidad del agua	Cabe la posibilidad de que se modifique permanentemente la capacidad del Manantial Arroyo Hondo lo que provoque cambie sus niveles afectando de forma permanente las zonas aledañas a su formación natural.
Suelo	Calidad del suelo	Durante la remoción de la vegetación herbácea, se perderá el suelo por acción de la erosión hídrica provocando la pérdida de la calidad del suelo, otro factor importantes es la compactación que se pudiera generar por el trabajo realizado por la maquinaria y los vehículos y esto podría acelerar los procesos erosivos del sitio.
Flora	Perdida de la cubierta vegetal	Debido a la remoción de la vegetación herbácea para la realización del proyecto, se verá afectada la vegetación arbórea y herbácea del lugar que debido a su forma de realización y por fines técnicos no podrá volverse a introducir en el sitio del proyecto
Fauna	Desplazamiento de la fauna	Existe el riesgo potencial de afectar alguna especie de fauna que antes del proyecto habitaba en estas áreas.
Socioeconómico	Empleo, generación de servicios, salud pública	La realización del proyecto obedece a la necesidad de mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en el municipio de Xicotepec debido a la falta del suministro de agua potable, por lo que se considera como impacto residual la mejora en la calidad de vida de las personas.

V.5. Impactos acumulativos

Respecto a los Impactos Ambientales Acumulativos que se pudieran generar por efectos de las actividades que se desarrollen durante la vida útil del proyecto, se hace un análisis de la suma de los impactos que ya existían tanto en el Sistema ambiental como en el área del proyecto, así como los impactos que se pudieran generar en escenarios futuros con base en las actividades que se desarrollan en el sitio y al crecimiento y desarrollo proyectado en un periodo largo de tiempo.

Tabla 39. Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos

Escenario	Parámetros ambientales	Actividades desarrolladas	Impacto acumulativo potencial
Pasado	Agua	Vegetación arbustiva y arbórea	Desde la década de los años ochenta ha existido un aumento en la población de estas zonas, lo que ha provocado un aumento en la demanda de servicios
	Aire		
	Suelo		
	Flora		
	Fauna		
	Paisaje		
Presente	Agua	Vegetación arbustiva y arbórea,	Actualmente el incremento poblacional provoca la necesidad de proveer bienes y servicios, siendo el acceso a agua potable un servicio
	Aire		

Escenario	Parámetros ambientales	Actividades desarrolladas	Impacto acumulativo potencial
	Suelo	incremento de zona poblacional	considerado básico para un nivel de vida aceptable
	Flora		
	Fauna		
	Paisaje		
Futuro	Agua	Vegetación arbustiva y arbórea, incremento de zona poblacional	Esta actividad se seguirá desarrollando en el SA por lo que las demanda de agua potable seguirá incrementandose.
	Aire		
	Suelo		
	Flora		
	Fauna		
	Paisaje		

V.6. Conclusiones

De acuerdo a los apartados anteriores no se identificaron impactos negativos con sinergia significativa, se observó que el impacto residual y sinérgico que se pudiese presentar es el de la remoción de la vegetación herbácea y calidad del suelo debido a alteraciones significativas de algunos parámetros como permeabilidad y nivel freático de agua, entre otros. Sin embargo, las medidas de mitigación que se plantean en el proyecto se ajustan a las acciones necesarias para poder contrarrestar los impactos generados por la implementación del proyecto.

Otro punto a considerar es el costo beneficio de la construcción del proyecto. Es importante también indicar que la mayoría de los impactos significativos son positivos debido principalmente a que se mejorará significativamente la calidad de vida de la población de Xicotepec.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de la mitigación o correctivas por componente ambiental

Para determinar cada una de las medidas de mitigación se consideró que fueran viablemente económicas y técnicamente, incluyen explicaciones de su mecanismo, la forma en que se evaluará su eficiencia, la duración estimada de las obras y actividades de mitigación y la etapa en la que se implementarán, así como las especificaciones de operación y mantenimiento en caso de que la medida implique el empleo de equipo o la construcción de obras.

En seguida se presenta una tabla con la información sobre los impactos. Las siguientes medidas se dictan en función de lo observado durante los trabajos de campo realizados en el área del proyecto.

Tabla 40. Medidas de mitigación de los impactos ambientales

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Medida de prevención, mitigación y compensación	Duración de las medidas
Aire	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.	Se contará con un programa de mantenimiento a maquinaria y vehículos, en caso de aplicar se garantizará que las unidades móviles cuenten con verificación vehicular, en caso de requerirse se realizarán riesgos de auxilio por medio de pipas que se abastezcan de pozos autorizados, se supervisará el uso adecuado de maquinaria instaurando un reglamento de trabajo donde se indique la obligación de apagar equipos cuando no se ocupen, se trabajará en horario diurno.	Durante todo el tiempo constructivo del proyecto
		Excavación y compactación	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.		
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado		
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.		
		Instalación de tubería	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.		

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Medida de prevención, mitigación y compensación	Duración de las medidas
	Operación y mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.		
	Particulares	Uso de maquinaria y vehículos	El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio		
Agua	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	Se contará con sanitarios portátiles provistos por una empresa contratista quien será encargada de su correcta recolección y disposición, se requerirá el informe de tratamiento y disposición final a dicha empresa, para el uso de agua que pudiera ocuparse en trabajos esta será provista por medio de pipas que se abastezcan de pozos autorizados, se supervisará el uso de este insumo en el proyecto.	Durante todo el tiempo constructivo del proyecto
		Excavación y compactación	Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga	Se contará con sanitarios portátiles provistos por una empresa contratista quien será encargada de su correcta recolección y disposición, se requerirá el informe de tratamiento y disposición final a dicha empresa, para el uso de agua que pudiera ocuparse en trabajos esta será provista por medio de pipas que se abastezcan de pozos autorizados, se supervisará el uso de este insumo en el proyecto además del proceso de excavación para adecuar a la zona aledaña al proyecto	
	Construcción	Cimbrado y colado	Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	Se contará con sanitarios portátiles provistos por una empresa contratista quien será encargada de su correcta recolección y disposición, se requerirá el informe de tratamiento y disposición final a dicha empresa, para el uso de agua que pudiera ocuparse en trabajos esta será provista por medio de pipas que se abastezcan de pozos autorizados, se supervisará el uso de este insumo en el proyecto.	
		Construcción e instalación de infraestructura	Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores		
		Instalación de tubería	Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores		
	Operación y mantenimiento	Distribución de agua	Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.	Se contará con un sistema de monitoreo de uso de agua además de un sistema de mantenimiento para evitar fugas y desperdicio de agua, se realizará un monitoreo del nivel de agua del manantial.	
Suelo	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo	Se supervisarán las labores de limpieza para evitar una mayor afectación a la señalada en el proyecto original, el producto de estas actividades será dispuesto conforme a indicaciones de las autoridades competentes, siendo manejado como un residuo de manejo especial.	Durante todo el tiempo constructivo del proyecto
		Excavación y compactación	Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña	Se supervisarán las labores para evitar un desperdicio en el material de banco utilizado, así mismo estos materiales serán suministrados por medio de bancos autorizados.	
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional
 "Sectorización de la red de distribución de agua potable"

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Medida de prevención, mitigación y compensación	Duración de las medidas
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		Durante todo el tiempo constructivo del proyecto
		Instalación de tubería	Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		
	Particulares	Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.	Se contará con sistema de separación primaria de residuos en el sitio del proyecto, así mismo se contará con un área de almacenamiento temporal, cuando se determine necesario serán trasladados al sitio de recolección más cercano del municipio.	
		Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.	Se reutilizará la mayor cantidad posible de los suelos removidos conforme se vaya realizando la construcción del proyecto, así mismo en caso de generar residuos de esta índole serán manejados conforme a las regularizaciones aplicables.	
		Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento	Se contará con un programa de mantenimiento que será realizado en talleres fuera del proyecto, en caso de generarse este tipo de residuos dentro de la zona del proyecto, se contará con un almacén temporal de este tipo de residuos, que serán recolectados y dispuestos en empresas autorizadas en la materia	
	Flora	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	
Excavación y compactación			El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio		
Fauna	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	Antes de comenzar trabajos conforme al programa de avance se realizará el ahuyentamiento de la fauna cercana dando aviso a las autoridades en caso de encontrarse especies enlistadas dentro de la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, se supervisará la obra para tratar de evitar afectaciones directas a las especies.	
		Excavación y compactación	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.		
Socio-económico	Todas las etapas	Todas las actividades	El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales serán suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población	Se recomienda la contratación de personal proveniente de la zona del proyecto, así mismo una campaña de concientización sobre el uso correcto y eficiente de agua.	Durante todo el tiempo constructivo y operativo del proyecto

Cabe mencionar que se aplicarán, en todo momento y actividades, medidas de orden y limpieza que beneficiarán, entre otros aspectos, en utilizar los materiales necesarios y bien identificados, además de estar de manera ordenada con lo cual se evitará el desperdicio de materiales e insumos; ayudando con esto, de una manera indirecta, a disminuir los impactos ambientales negativos en los lugares en donde se obtiene de origen dichos insumos.

Con la implementación de dicha técnica se tendrán los siguientes beneficios:

- Eliminación de desperdicios
- Reducción de materiales en proceso de construcción y detalle del proyecto
- Incremento en la productividad laboral
- Evitar accidentes
- Incrementar la velocidad de mejora
- Disminución de emisiones contaminantes

VI.2 Programa de Vigilancia Ambiental

Programa de manejo integral de los residuos

Residuos sólidos urbanos

Para el adecuado control de los residuos sólidos urbanos durante las etapas de preparación del sitio, operación y mantenimiento, se instalarán contenedores metálicos para su separación primaria y recolección. Posteriormente se pondrán a disposición del sistema de limpia municipal. Estos residuos serán trasladados por el propio generador y serán dispuestos al servicio municipal.

Derivado de lo anterior, se promoverán campañas para la reducción de residuos sólidos, y se promoverán la adecuada separación de los mismos mediante capacitaciones. Finalmente, se evitará la quema de residuos para prevenir la propagación de contaminantes.

Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos a generar, tales como estopas impregnadas con aceite, aceite gastado y recipientes vacíos que contendrán aceite, serán producto de mantenimientos correctivos, ya que se ha estipulado con antelación que los preventivos se realizarán fuera del sitio del proyecto. Derivado de lo anterior, se estima que se encontrará dentro de la categoría de microgenerador.

Aunado a lo anterior, se solicitará al propietario de la maquinaria que los residuos peligrosos generados por el mantenimiento preventivo de la misma, sean dispuestos conforme a la legislación federal vigente.

Programa de control de emisiones y ruido

Para disminuir el impacto generado por las emisiones y ruido, se desarrollaron una serie de medidas que a continuación se presentan, en donde se evitará la dispersión de material en las diversas etapas del proyecto.

Control de emisiones

- Durante la etapa de preparación del sitio se deberán realizar riegos de auxilio cuando sea necesario, para evitar la dispersión de polvo y partículas en épocas de estiaje. Esto se realizará cubriendo todas las vías de acceso que se utilicen en el día y el sitio de trabajo explotado en el momento, por medio de pipas.

- Los camiones que transporten el material que pueda dispersarse, deberán llevar la caja cubierta con lona para evitar la dispersión de partículas en el área.
- Riego de superficies donde potencialmente puede haber una cantidad superior de partículas.
- Velocidad reducida de la maquinaria.
- Vigilancia de las operaciones de carga, descarga y transporte del material.
- Para el seguimiento de las emisiones de gases contaminantes, producidas también por la maquinaria que trabaja en la obra, se realizará la revisión y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria que sean utilizados, con la finalidad de no rebasar los límites máximos permisibles para la emisión de contaminantes a la atmósfera que establecen las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. Se observarán además las siguientes medidas:
 - Estado de buen mantenimiento de todos los equipos, lo que reduce la cantidad de gases que emiten tanto los vehículos como el resto del equipo. Asegurarse que la maquinaria cuente con adecuadas condiciones mecánicas acorde a lo dispuesto en la NOM-041-SEMARNAT-2006, y la NOM-045-SEMARNAT-2006.
 - Calidad y cantidad necesaria de aceite y combustible de los equipos y vehículos.
 - Revisar que todos los equipos de maquinaria y vehículos cuenten con su respectiva calcomanía de verificación.

VI.3 Seguimiento y control (monitoreo)

OBJETIVOS:

General:

Garantizar la protección y conservación de los recursos naturales, a través de la verificación oportuna y eficaz del cumplimiento de medidas de prevención, mitigación y compensación que se establecen en el presente estudio.

Específicos:

- ✓ Dar seguimiento a las medidas de mitigación, compensación y preventivas que se aplicarán durante y después de la vida útil del proyecto, para disminuir al mínimo los impactos ambientales.
- ✓ Dar seguimiento a los diferentes componentes ambientales que serán afectados por el proyecto:

- Emisiones de polvo
- Emisiones de la maquinaria y vehículos
- Emisión de ruidos
- Contaminación del suelo
- Generación de aguas residuales
- Manejo de residuos

Para llevar a cabo los seguimientos que se especifican a continuación, se recomienda el contar con una carpeta en la cual se anexasen los datos levantados después de cada recorrido o inspección.

En la cual se anotará:

- ✓ La fecha en la cual se realiza la inspección.
- ✓ La hora en la cual se realiza la inspección.
- ✓ El nombre del responsable de quien realiza la inspección.
- ✓ Y las observaciones dependiendo del componente ambiental vigilado.

Seguimiento de las emisiones de la maquinaria y vehículos

Para el seguimiento de las emisiones de la maquinaria y vehículos que se utilizan en la obra, se realizarán inspecciones periódicas a todos los equipos y vehículos (cada mes), buscando el evaluar si las emisiones de gas de los vehículos y la maquinaria son excesivas o si se encuentran en un rango normal.

En esas inspecciones se observará si se cumplen las medidas adoptadas como son:

- Un estado de buen mantenimiento de todos los equipos, lo que reduce la cantidad de humo que emiten tanto los vehículos como el resto del equipo.
- Buena Calidad y Cantidad necesaria de aceite y combustible de los equipos y vehículos.
- Revisar que todos los equipos de maquinaria y vehículos cuenten con su respectiva calcomanía de verificación.
- Vigilancia de las operaciones de carga, descarga y transporte del material.

La toma de datos se realizará mediante inspecciones visuales periódicas en las que se estimará el grado de mantenimiento con el que cuenta cada equipo y vehículo y en caso necesario, se enviará la orden de mantenimiento al responsable de la obra especificando el vehículo o el equipo que lo requiere y qué tipo de mantenimiento es el que requiere.

Las inspecciones se realizarán **una vez por mes**, durante todo el día, hasta que se hayan revisado todos los equipos y vehículos utilizados en la obra. Como norma general, la primera inspección se realizará antes del comienzo de las actividades para tener un conocimiento de la situación previa y poder realizar comparaciones posteriores.

Seguimiento de contaminación por generación de ruido

El ruido no es mitigable, sin embargo se proponen una serie acciones que podrán contrarrestar el impacto al mínimo, por lo cual no existe un sistema de control, por lo cual se propone que se cree un reglamento en el cual se establezca que:

- Se prohíbe el uso de claxon, cornetas, silbatos u otros instrumentos que emitan altos niveles de ruido
- Los vehículos, maquinaria deberán permanecer encendidos únicamente el tiempo estrictamente necesario para la operación.
- Los silenciadores y mofles de los vehículos deberán estar funcionando bien para evitar la contaminación por ruido.
- Los vehículos deberán cumplir con la NOM-080-SEMARNAT-1994 referente a los límites máximos permisibles de ruido provenientes del escape de vehículos automotores.

El personal que incurra en alguna de violación al reglamento deberá hacerse acreedor a una sanción, el responsable de la obra deberá establecer los criterios para el establecimiento de sanciones.

Seguimiento de contaminación sobre los suelos

Las tareas que pueden afectar los suelos son el derrame de los aceites usados que son removidos de la maquinaria y equipo utilizado durante la preparación del sitio y construcción. Del mismo modo, el no darle mantenimiento al equipo, maquinaria y vehículos podría provocar el riego de aceite o combustible en el suelo y por esto, contaminación de él.

Se realizarán visitas periódicas para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para minimizar el impacto, evitando que las operaciones se realicen fuera de las zonas señaladas para ello.

Se realizarán observaciones en las zonas limítrofes del proyecto, con el fin de detectar cambios o alteraciones no tenidas en cuenta en el presente estudio.

Los posibles cambios detectados en el entorno del predio se registrarán y analizarán para adoptar en cada caso las medidas correctoras necesarias. Se realizará un estudio detallado de la zona/s afectadas, adoptando nuevos modos de operación los cuales se intentarán ejecutar con la mayor brevedad posible.

Seguimiento de la contaminación por generación de residuos

Generación de Residuos Sólidos Urbanos

Se deberá contar con una bitácora donde se registren los días en los que son recolectados o transportados los residuos, en esta bitácora se registrara, la cantidad de basura que es confinada, quien la confina, lugar a donde es transportada para su confinamiento y en caso de subcontratar el servicio se deberá, guardar copia del pago que se realice.

Residuos Peligrosos

Se deberá llevar bitácoras de la cantidad de residuos peligrosos generados, en dicha bitácora se deberá registrar a donde el tipo de residuos, la cantidad de residuos y el lugar a donde son confinados y por quien son confinando, además de contar con copia de los manifiestos de la cantidad de residuos confinados.

Presentación de Informes sobre el desarrollo del Programa de Vigilancia Ambiental (P.V.A.)

Cada 6 meses, desde la fecha de la autorización de Impacto Ambiental, se presentará al responsable de la operación, un informe sobre el desarrollo del P.V.A. y sobre el grado de eficacia y cumplimiento de las medidas correctoras y protectoras adoptadas en este estudio. En estos informes concretarán los siguientes puntos:

- Seguimiento de las medidas para la protección de la atmósfera
- Seguimiento de las medidas para la protección del suelo.
- Seguimiento de las medidas para la protección de la vegetación.
- Correlación de los datos existentes entre las distintas actividades de la obra y los efectos e impactos que se van produciendo.

Estos informes se realizarán con el objetivo de retroalimentar el programa de vigilancia ambiental y con el fin de dar solución a cualquier inconveniente que se presente durante todas las etapas del proyecto. De modo que después de analizar los informes se pueda discutir las acciones a seguir en la obra y en su modo de construcción.

En cuanto a la generación de residuos peligrosos, se deberá llevar una bitácora donde se registre de forma estricta, todas las cantidades de aceites usados removidos de la maquinaria, equipo y vehículos utilizados en la obra. De igual forma, después de haber dispuesto de estos residuos de forma adecuada, se deberá anexar a la bitácora, los comprobantes de disposición final de estos residuos que otorgan las empresas que proporcionan estos servicios.

VI.4 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

De acuerdo al artículo 51 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental la Secretaría (SEMARNAT) podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones, cuando durante la realización de las

obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas, brinda dentro de este marco cuatro criterios que deberán considerarse para que un proyecto produzca daños graves al ecosistema:

I. Puedan liberarse sustancias que al contacto con el ambiente se transformen en tóxicas, persistentes y bioacumulables;

II. En los lugares en los que se pretenda realizar la obra o actividad existan cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;

III. Los proyectos impliquen la realización de actividades consideradas altamente riesgosas conforme a la Ley, el reglamento respectivo y demás disposiciones aplicables, y

IV. Las obras o actividades se lleven a cabo en Áreas Naturales Protegidas.

El presente proyecto como ha quedado demostrado no involucrará un área de afectación ni una cantidad de impactos que resulten en un desequilibrio ecológico. A pesar de que cumple la fracción II debido a que parte del proyecto se ubica sobre un cuerpo de agua perenne actualmente uno de los sitios ya se encuentra en explotación, mientras que para el segundo cuerpo se contará con la autorización correspondiente de CONAGUA.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto

El escenario sin proyecto es sin duda el que actualmente se está viviendo en el Municipio, es decir, la falta de agua en la mayor parte del mismo, así como el desperdicio de la misma por las fugas en el sistema de distribución.

Tabla 41. Análisis del escenario sin proyecto.

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR sin proyecto
Aire	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
		Excavación y compactación	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
		Instalación de tubería	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
	Operación y mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
	Particulares	Uso de maquinaria y vehículos	El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio	No se generarían estas emisiones, siendo que no significarían un aumento considerable en el SAR debido a que actualmente existen numerosas fuentes más por proyectos constructivos.
Agua	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	No existiría la generación de estas aguas residuales, sin embargo esta carga no sería significativa en el SAR debido al número de habitantes que viven en el.

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR sin proyecto
	Construcción	Excavación y compactación	Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga	No existiría la generación de estas aguas residuales, sin embargo esta carga no sería significativa en el SAR debido al número de habitantes que viven en el. Tampoco se modificaría ni afectaría la zona natural del manantial
		Cimbrado y colado	Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	No existiría la generación de estas aguas residuales, sin embargo esta carga no sería significativa en el SAR debido al número de habitantes que viven en el.
		Construcción e instalación de infraestructura	Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	No existiría la generación de estas aguas residuales, sin embargo esta carga no sería significativa en el SAR debido al número de habitantes que viven en el.
		Instalación de tubería	Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	No existiría la generación de estas aguas residuales, sin embargo esta carga no sería significativa en el SAR debido al número de habitantes que viven en el.
	Operación y mantenimiento	Distribución de agua	Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.	No se modificaría ni afectaría la zona natural del manantial
Suelo	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo	No se realizaría el despalme de la zona por lo que se conservaría la condición actual del sitio.
		Excavación y compactación	Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña	No se realizaría el despalme de la zona por lo que se conservaría la condición actual del sitio.
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	No se realizaría el despalme de la zona por lo que se conservaría la condición actual del sitio.
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	No se realizaría el despalme de la zona por lo que se conservaría la condición actual del sitio.
		Instalación de tubería	Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	No se realizaría el despalme de la zona por lo que se conservaría la condición actual del sitio.
	Particulares	Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.	No se generarían este tipo de residuos debido a los trabajos constructivos
		Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.	No se generarían este tipo de residuos debido a los trabajos constructivos, sin embargo estas zonas al encontrarse contaminadas sirven como sitio de disposición ilegal de residuos de manejo especial tal como de demolición.
		Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento	No se generarían este tipo de residuos debido a los trabajos constructivos
	Flora	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio
Excavación y compactación			El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación	No existiría una afectación en la flora del sitio debido a que no se construiría ningún proyecto.

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR sin proyecto
			cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	
Fauna	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	No existiría una afectación en la fauna del sitio debido a que no se construiría ningún proyecto.
		Excavación y compactación	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	No existiría una afectación en la fauna del sitio debido a que no se construiría ningún proyecto.
Socio-económico	Todas las etapas	Todas las actividades	El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales eran suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población	Actualmente existe un problema de déficit de suministro de agua en la población lo que repercute en la calidad de vida de las personas y población en general

VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto

Como se ha señalado el proyecto garantizará el abastecimiento de agua hasta el año 2040, con los que se mejorara la calidad de vida de los habitantes del municipio.

Tabla 42. Análisis del escenario con proyecto sin medidas.

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto sin medidas
Aire	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
		Excavación y compactación	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
		Instalación de tubería	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del

Indicador Ambiental	Etapa	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto sin medidas
				aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
	Operación y mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.	No existiría ningún cambio
	Particulares	Uso de maquinaria y vehículos	El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio	Se generarían estas emisiones que aunado a las emitidas por todo el parque vehicular del SAR incrementarían la mala calidad del aire que actualmente existe en la zona metropolitana del estado.
Agua	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	Se generaría un impacto mayor debido a la falta de sanitarios por lo que se incrementaría la contaminación de los sitios de descarga, además de un desperdicio de la misma debido a la falta de supervisión del uso del agua potable
		Excavación y compactación	Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga	
	Construcción	Cimbrado y colado	Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	
		Construcción e instalación de infraestructura	Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	
		Instalación de tubería	Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	
	Operación y mantenimiento	Distribución de agua	Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.	
Suelo	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo	Se incrementaría considerablemente el impacto provocado por la obra al no contar con supervisión y poder realizarse un mayor derribo o limpieza de zonas que no sean de atención al proyecto además de un desperdicio del material excavado y de bancos de tiro
		Excavación y compactación	Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña	
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	
		Instalación de tubería	Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo	
	Particulares	Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.	Existiría una contaminación en el suelo debido a la falta de control de sistemas de recolección de residuos
		Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.	Existiría una contaminación en el suelo debido a la falta de control del material excavado dañando no solo el suelo sino superficies del manantial
Generación de residuos peligrosos		Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento	Existiría una contaminación importante debido a la disposición inadecuada de este tipo de residuos en zonas sin alteraciones previas	
Flora	Preparación	Limpieza y trazo	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la	Existiría una eliminación mayor de especies

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto sin medidas
	del sitio		remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	herbáceas y arbóreas.
		Excavación y compactación	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	
Fauna	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	Existirían un ahuyentamiento permanente de la fauna de la zona
		Excavación y compactación	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	
Socio-económico	Todas las etapas	Todas las actividades	El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales eran suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población	Existiría solo un incremento temporal en el acceso a este recurso

VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

Dada las medidas de mitigación, se puede observar que serán aplicadas principalmente en las actividades a realizarse durante la preparación del sitio y construcción, ya que durante la operación esta será independiente. Asimismo los impactos ocasionados y por tanto las medidas de mitigación serán mínimas.

Tabla 43. Análisis del escenario con proyecto con medidas.

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto y medidas
Aire	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de limpieza y trazo en los diferentes frentes de trabajo.	Si bien existirán emisiones estas se encontrarán dentro de lo establecido en normativa, es importante mencionar que es necesario el uso de maquinaria y vehículos.
		Excavación y compactación	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de excavación y compactación en los diferentes frentes de trabajo.	
	Construcción	Cimbrado y colado	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de cimbrado y colado	
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de construcción e instalación de infraestructura.	
		Instalación de tubería	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de instalación de tubería.	

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto y medidas	
	Operación y mantenimiento	Mantenimiento de infraestructura	Afectación de la calidad del aire debido a la generación de partículas, emisión de gases y ruido en las actividades de mantenimiento de infraestructura.	No se considera	
	Particulares	Uso de maquinaria y vehículos	El uso de la maquinaria genera la emisión de gases de combustión por la quema de combustible lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y de cambio climático presentes en el medio	Si bien existirán emisiones estas se encontrarán dentro de lo establecido en normativa, es importante mencionar que es necesario el uso de maquinaria y vehículos.	
Agua	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Demanda de agua durante la actividad de limpieza y trazo para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	Se disminuye el impacto en la zona y el SAR debido a una correcta disposición de las aguas residuales sanitarias de los trabajadores.	
		Excavación y compactación	Demanda de agua durante la actividad de excavación y compactación para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores, también se considera la afectación a la zona natural del manantial al modificar sus zonas de recarga	Se disminuye el estrés causado al manantial.	
	Construcción	Cimbrado y colado	Demanda de agua durante la actividad de cimbrado y colado para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores	Se disminuye el impacto en la zona y el SAR debido a una correcta disposición de las aguas residuales sanitarias de los trabajadores.	
		Construcción e instalación de infraestructura	Demanda de agua durante la actividad de construcción e instalación de infraestructura para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores		
		Instalación de tubería	Demanda de agua durante la actividad de instalación de tubería para realizar riesgos de auxilio, para uso en maquinaria y para consumo de los trabajadores, así como descarga de aguas residuales debido al uso sanitario de trabajadores		
	Operación y mantenimiento	Distribución de agua	Impacto al factor agua debido a la explotación del Manantial Arroyo Hondo, lo que podría disminuir su capacidad de carga, evitando también que provea agua al curso natural.	Existirá un aprovechamiento sostenible del agua potable garantizando el suministro por al menos 20 años	
	Suelo	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	Afectación a la calidad del suelo debido a la remoción de maleza y herbáceas, que disminuirá la calidad del suelo	A pesar de realizarse un impacto en el suelo este sería controlado debido a la supervisión de las zonas de trabajo
Excavación y compactación			Afectación a la calidad del suelo debido a la excavación y compactación que removerá parte del suelo y modificará la zona aledaña		
Construcción		Cimbrado y colado	Afectación a la calidad del suelo debido al cimbrado y colado que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		
		Construcción e instalación de infraestructura	Afectación a la calidad del suelo debido a la construcción e instalación de infraestructura que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		
		Instalación de tubería	Afectación a la calidad del suelo debido a la instalación de tubería que demandarán insumos de bancos además de que modificará las propiedades del suelo		
Particulares		Generación de residuos sólidos urbanos	Generación de residuos sólidos urbanos producto de la actividad humana durante todas las etapas del proyecto.	A pesar de que se generarían residuos de esta índole estos se encontrarían controlados, evitando un aumento de la contaminación en el SAR	
		Generación de residuos de manejo especial	Generación de residuos de manejo especial producto de la excavación y residuos constructivos de los materiales ocupados durante la construcción del proyecto.	A pesar de que se generarían residuos de esta índole estos se encontrarían controlados, siendo utilizados en su mayoría dentro del mismo proyecto y dando un sitio de disposición final adecuado a los que no podrán aprovecharse, evitando una mayor afectación en el SAR	
		Generación de residuos peligrosos	Generación de residuos peligrosos debido a las posibles descomposturas de maquinaria, recipientes de sustancias peligrosas así como durante los acabados y mantenimiento	En caso de generarse, estos residuos no contaminarían los suelos de la zona del proyecto, lo que ayudaría considerablemente a	

Indicador Ambiental	Etapas	Actividad	Descripción del impacto	Pronóstico del SAR con proyecto y medidas
				no perjudicar la ya dañada situación en el SAR
Flora	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de especies herbáceas y suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	A pesar de que existiría la remoción de los individuos herbáceos, se podrá mitigar el efecto debido a la restitución en la zona del proyecto y en otras áreas que indique la autoridad dentro del SAR
		Excavación y compactación	El efecto potencial sobre este factor se debe principalmente a la remoción de suelos lo que provocará pérdida de biodiversidad florística y la densidad de la vegetación cambiara, afectando de manera indirecta a la calidad paisajística del sitio	
Fauna	Preparación del sitio	Limpieza y trazo	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	Se favorece que el ahuyentamiento solo sea temporal permitiendo la existencia de la fauna en la zona del proyecto.
		Excavación y compactación	El trabajo provocará el retiro temporal de la fauna adyacente al proyecto.	
Socio-económico	Todas las etapas	Todas las actividades	El impacto potencial sobre este factor será positivo debido a que durante todas las etapas del proyecto se requerirá de mano de obra la cual se contratara preferentemente de las localidades cercanas al área del proyecto para impulsar el desarrollo económico de las comunidades, así como la capacitación del personal, por otra parte el proyecto también requerirá de insumos y servicios los cuales eran suministrados por casas de materiales y prestadores de servicios de las localidades cercanas. Finalmente el proyecto brindará acceso a un servicio público que es derecho de todo habitante de acuerdo a nuestras leyes mexicanas, ayudando en el desarrollo integral de la población	Se garantiza la existencia y suministro de agua potable durante al menos 20 años

VII.4. Pronóstico ambiental

El pronóstico ambiental que se establece, es que si se garantiza la recarga del acuífero y se le da el mantenimiento necesario al sistema, este permitirá garantizar el suministro de agua a la población por veinte años.

VII.5. Evaluación de alternativas

Para la elaboración del presente proyecto, se observó la alternativa de proveer el agua de otro manantial más cercano al proyecto, sin embargo, dada la cota de elevación en la que se encontraba, resultaba más costoso por las acciones de rebombeo al municipio, por lo que fue descartada.

VII.6. Conclusiones

Durante el presente estudio se concluye lo siguiente:

Una vez analizada la información del proyecto así como del medio en donde se pretende realizar el proyecto se puede determinar que no existen actividades que pudieran ocasionar una afectación grave al medio natural circundante, por lo tanto es bajo el impacto que generado.

Aunque se observan impactos hacia el medio natural, se considera que las medidas que se aplicaron para su mitigación evitaran el deterioro ambiental.

En adición, la operación del proyecto influirá de manera positiva a la economía del área donde se llevara a cabo.

Finalmente, dentro de su operación no se emplearán recursos del área que de alguna manera puedan alterar su entorno. Por lo tanto, no interfiere en los procesos naturales de la zona.

Por lo anteriormente expuesto se concluye que el proyecto es ambientalmente **viable** para su ejecución.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 Presentación de la información

Se anexa el presente estudio en original con respaldo en 4 cd y un cd adicional de consulta al público.

VIII.1.1 Cartografía

Se anexa cartografía realizada para el proyecto.

VIII.1.2 Fotografías

Se adjunta anexo fotográfico

VIII.1.3 Videos

No se realizaron videos

VIII.2 Otros anexos

Se anexan planos de todos los componentes del proyecto.

VIII.2.1 Memorias

Se anexan memorias de cálculo del proyecto

VIII.3 Glosario de términos

A

Actividad peligrosa: Conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo que generan condiciones inseguras y sobreexposición a los agentes químicos capaces de provocar daños a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.

Almacenamiento de residuos: Acción de tener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

B

Beneficioso o perjudicial: Positivo o negativo.

Butano: Un hidrocarburo que consiste de cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno. Normalmente se encuentra en estado gaseoso pero se licúa fácilmente para transportarlo y almacenarlo; se utiliza en gasolinas, y también para cocinar y para calentar.

C

Cantidad de reporte: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Confinamiento controlado: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su aislamiento definitivo.

Componentes ambientales críticos: Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

Componentes ambientales relevantes: Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.

CRETIB: Se refiere al código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso.

D

Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.

Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.

Desequilibrio ecológico: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

Disposición final de residuos: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

Duración: El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

E

Emisión: La descarga directa o indirecta a la atmósfera de energía, o de sustancias o materiales en cualesquiera de sus estados físicos.

Empresa: Instalación en la que se realizan actividades industriales, comerciales o de servicios.

Especies de difícil regeneración: Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

F

Fuentes fijas: Todo tipo de industria, máquinas con motores de combustión, terminales y bases de autobuses y ferrocarriles, aeropuertos, clubes cinegéticos y polígonos de tiro; ferias, tianguis, circos y otras semejantes.

Fuentes móviles: Aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinaria con motores de combustión y similares.

G

Generación de residuos: Acción de producir residuos peligrosos.

I

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental significativo o relevante: 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.

Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Importancia: Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.

b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.

c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.

d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.

e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

Incineración de residuos: Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada.

Industria: Conjunto de las operaciones que concurren a la transformación de las materias primas y la producción de la riqueza.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

L

Lixiviado: Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.

M

Magnitud: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Manejo: Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Material peligroso: Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

N

Naturaleza del impacto: Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

P

Partículas sólidas o líquidas: Fragmentos de materiales que se emiten a la atmósfera en fase sólida o líquida.

Proceso: El conjunto de actividades físicas o químicas relativas a la producción, obtención, acondicionamiento, envasado, manejo, y embalado de productos intermedios o finales.

Prueba de extracción (PECT): El procedimiento de laboratorio que permite determinar la movilidad de los constituyentes de un residuo, que lo hacen peligroso por su toxicidad al ambiente.

R

Reciclaje de residuos: Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos en fines productivos.

Recolección de residuos: Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reuso, o a los sitios para su disposición final.

Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuo incompatible: Aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro residuo reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación; o partículas, gases o vapores peligrosos; pudiendo ser esta reacción violenta.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Residuo peligroso biológico-infeccioso: El que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en establecimientos de atención médica.

Reuso de residuos: Proceso de utilización de los residuos peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

Reversibilidad: Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

S

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Solución acuosa: La mezcla en la cual el agua es el componente primario y constituye por lo menos el 50% en peso de la muestra.

Sustancia explosiva: Aquella que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

Sustancia inflamable: Aquella que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

Sustancia peligrosa: Aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Sustancia tóxica: Son aquellas en estado sólido, líquido o gaseoso pueden causar trastornos estructurales o funcionales que provocan daños a la salud o la muerte si son absorbidas, aun en cantidades relativamente pequeñas por el trabajador.

T

Tanque: Estructura cerrada o abierta, que se utiliza en los diferentes procesos.

Tratamiento de residuos: Acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características.

Tratamiento de residuos peligrosos biológico-infecciosos: El método que elimina las características infecciosas de los residuos peligrosos biológico-infecciosos.

U

Urgencia de aplicación de medidas de mitigación: Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

VIII.4 Bibliografía

- Soto E., Margarita y García, Enriqueta. 1989. Modificaciones climáticas de la República Mexicana. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. Estadísticas del medio ambiente, 1997. Aguascalientes, Ags.
- García de Miranda, Enriqueta. 1993. Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana. 9ª Ed. Editorial Porrúa, S.A., México, D.F.
- HFET. (1992). Mapa de la República Mexicana 9600. México, D.F.
- Baver L. D., Gardner, H. W y Wilford R. Gardner. 1973, Física de suelos. 4a De. UTEHA, México, D.F.
- Daubenmire R. F. 1996. Ecología Vegetal. Editorial LIMUSA, S.A. de CV. México, D.F.
- Espinosa G. F., Sarukhán J. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Gómez-Pompa, A., 1985, Los recursos bióticos de México (reflexiones), Instituto nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Alambra Mexicana, Xalapa, Veracruz, México.
- Gutiérrez, P. Alfonso., 1985, Conservacionismo y Desarrollo del Recurso Forestal, Texto Guía Forestal. El universo de la biología. Trillas-ANUIES. México, D. F.
- Howe, H. and Wesfley, L.C., 1988, Ecological Relationships of plants and animals, New Cork, Oxford, Universiti Press, U.S.A.
- INEGI, 1995. Catalogo de Herbario INEGI. Tomos I, II, III.
- Jeffrey, D. W. and Madden, B., 1994, Bioindicator and Environmental Management, Academic Press Great Britain.
- Krebs C. J. 1985. Ecología (estudio de la distribución y abundancias). México, D. F. Ed. HARLA, Segunda Edición.

- Jiménez, C. y Martínez R., 1996. Diplomado en Calidad Ambiental: Taller sobre Legislación Ambiental, ITESM.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. SEMARNAT-PROFEPA.
- Normas Oficiales Mexicanas en materia de protección ambiental, 1993-1994, Secretaría de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Ecología.
- Richlefs, R. E. and Schuller, D., 1993, Species Diversity in Ecological Communities. The university of Chicago Press, U.S.A.
- Rzedowski, J., 1993, Vegetación de México. Limusa, México D.F.
- SEGOB, 1993. Atlas Nacional de Riesgos. 2ª reimpresión, México D.F.
- SEDESOL-INE. 1995. Ordenamiento Ecológico del Territorio Nacional, Informe Técnico. México, D.F.
- Secretaría de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Ecología, 1991-1992, Informe de la situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, México, D.F.
- Imágenes del sitio Google Earth
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2002. <http://www.conafor.gob.mx>.
- DOF. 2013. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SSA1-2013.
- Dvorak, W.S. and Donahue, J.K. 1992. The Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative, CAMCORE. Research Review 1980-1992. CAMCORE, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 93 p.
- J, Fernández; P, Hernández; j, Enríquez; G, Contreras; J, Rojas y S, Sánchez. 2016. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. Chiautla. Disponible en:

- <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21047a.html> (01/06/2017).
- Piedad, R y Verdú, J.R. 2013. Medición de la biodiversidad alfa, beta y gamma. Universidad Autónoma de Querétaro. Universidad de Alicante.
- Prácticas de reforestación. Manual básico.2010.Primer edición, México. 65 Pp.
- PROFEPA y SEMARNAT. 2014. Plan Municipal de Desarrollo Tepeyahualco 2014-2018. Gobierno Municipal.
- Roxana Mendoza Cuamatzi, Jajejan Rose-Burney, Francisco J. Jiménez Moreno, y Verónica Escobar Pérez. 2012. Las Aves del Municipio del Puebla. H. Ayuntamiento del Municipio de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.



Calle 16 de Septiembre No. 1916 Desp. 2 y 3
Col. El Carmen, Puebla, Pue.
C.P. 72000
Tel. (222) 888 45 45 / 22 21 14 36 56
Email: consultoriaambientalintegral@yahoo.com.mx