



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

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**

**CAPÍTULO I. Datos generales del
proyecto, del Promovente y del
responsable del estudio de impacto
ambiental**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental	2
II.1	Datos generales del proyecto	2
II.1.1	Nombre del proyecto	2
II.1.2	Ubicación (dirección) del proyecto	2
II.1.3	Duración del proyecto	4
II.2	Datos generales del promovente	4
II.2.1	Nombre o razón social	4
II.2.2	Registro Federal de Contribuyentes del promovente	4
II.2.3	Nombre y cargo del representante legal	5
II.2.4	Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones	5
II.2.5	Responsable técnico del estudio	5
II.2.6	Registro Federal de Contribuyentes o CURP del consultor	5
II.2.7	Nombre del responsable técnico del estudio	6
II.2.8	Domicilio del responsable técnico del estudio	7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1	Responsable técnico del estudio	6
Tabla I.2	Equipo técnico	6
Tabla I.3	Domicilio y datos de contacto del responsable técnico del estudio	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1	Ubicación del proyecto	3
Figura I.2	Programa general de trabajo	4

Página intencionalmente sin texto

I. Introducción

La integración del presente capítulo tiene como objetivo el dar cumplimiento a lo dispuesto por la Fracción I del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que las manifestaciones de impacto ambiental en su modalidad regional deberán de contener la siguiente información:

- I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.

De conformidad con lo anterior, en este apartado se establecerá de manera puntual y esquemática, la ubicación del proyecto y como se relaciona con el espacio geográfico donde se inserta, destacando los rasgos fisiográficos.

Asimismo, se establece con documentación legal, la personalidad jurídica con la que el promovente se ostenta ante a la Secretaría, y legitima la intención formal de someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, así mismo se establece de forma clara y suficiente la dirección y forma de notificaciones y comunicados oficiales que se requieran, de igual forma para que la autoridad reconozca la personalidad de quienes representan los intereses del promovente, lo anterior de conformidad con lo establecido en el Artículo 19 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, aplicada de manera supletoria a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

En el mismo sentido se establece la corresponsabilidad del promovente con el responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental, asumiendo el compromiso y la veracidad de la información que se expone en el presente estudio, al tenor de lo dispuesto en el Artículo 36 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

II. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

II.1 Datos generales del proyecto

II.1.1 Nombre del proyecto

El nombre del proyecto es “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”

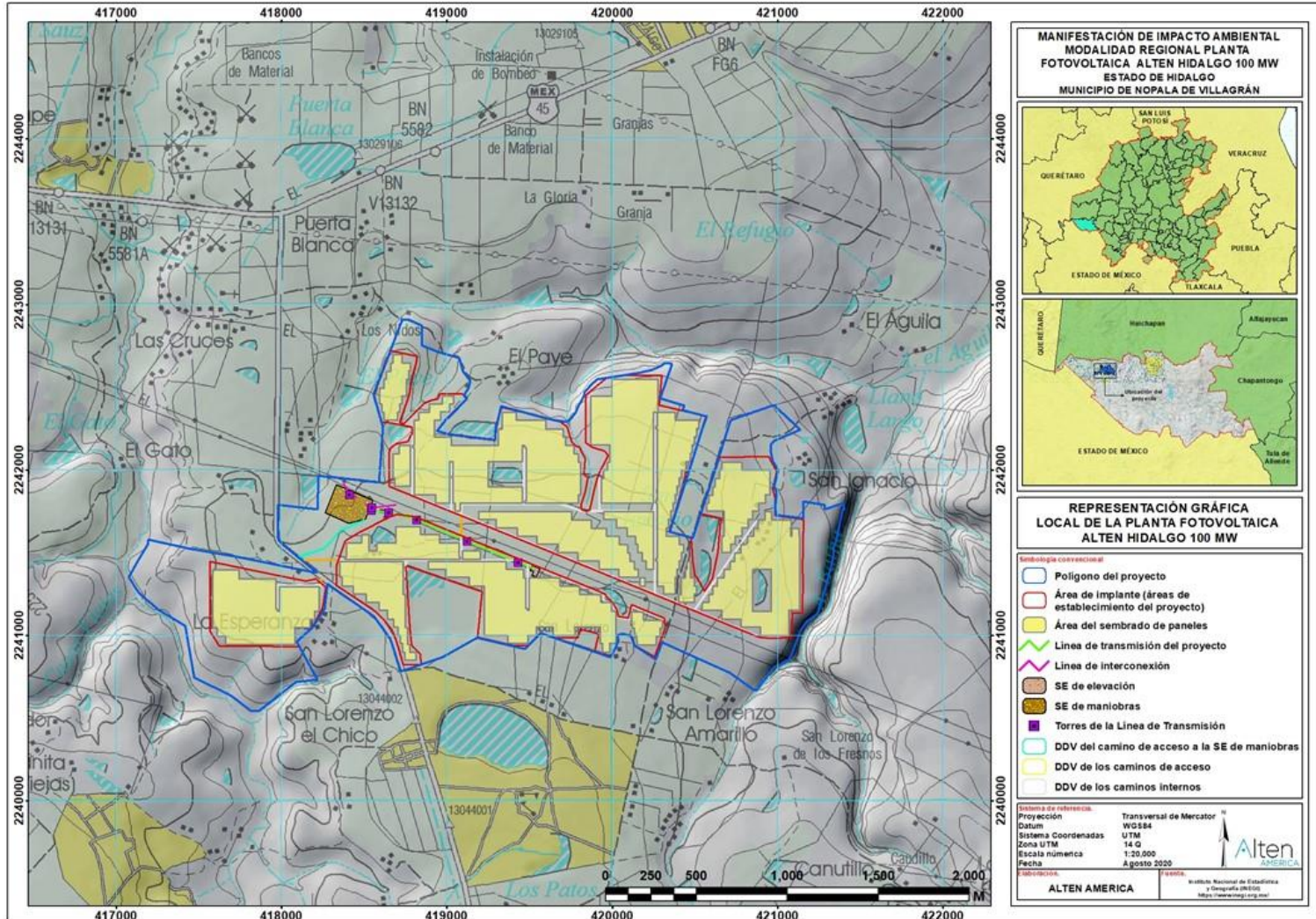
II.1.2 Ubicación (dirección) del proyecto

El proyecto denominado: “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”, en lo sucesivo “El proyecto”, se ubicará en el Estado de Hidalgo, al noroeste del municipio de Nopala de Villagrán, la carretera más próxima es la carretera 45 Huichapan – San Juan del Río, aproximadamente a 1.11 km del límite más próximo al proyecto y la carretera al poblado de Polotitlán. Las comunidades más cercanas al área de establecimiento son: Llano Largo, Guadalupe, La Purísima (Buena vista), El Fresno (Casas Viejas), San Juanita (Casas Viejas), Las Cruces, San Lorenzo el Chico^{II}, y aproximadamente a 5.87 km al este del límite del proyecto se ubica la comunidad de San Sebastián Tenochtitlán. El área de establecimiento del proyecto (AeP) será de 322.36 ha, en la cual se instalará el generador fotovoltaico, línea de transmisión, área de subestaciones de elevación y de maniobra; así como componentes secundarios (edificios de control, vialidades de acceso y cercado perimetral, entre otros). En la figura I-1 y en el anexo nombrado ANX.VIII.I.1 PLN UBIC PY se muestra el plano de la ubicación del proyecto, asimismo, en el capítulo II se presentan las coordenadas del polígono de “El proyecto”.

Cabe mencionar que, derivado de la información del Atlas de Riesgo Nacional (CENAPRED, 2015), el área en donde se pretende ubicar “El proyecto” tiene un riesgo de muy bajo a alto por deslizamientos. En el espacio geográfico del proyecto se ubican distintos escurrimientos temporales, que solo llevan agua en la temporada de lluvias y son de primer a tercer orden, posiblemente son tributarios a una escorrentía principal, es por eso que el riesgo a inundación es medio.

^{II} INEGI.- “Conjunto de datos vectoriales de información topográfica F14C77 San Juan del Río escala 1:50,000 serie III, edición 2015” (<https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>).

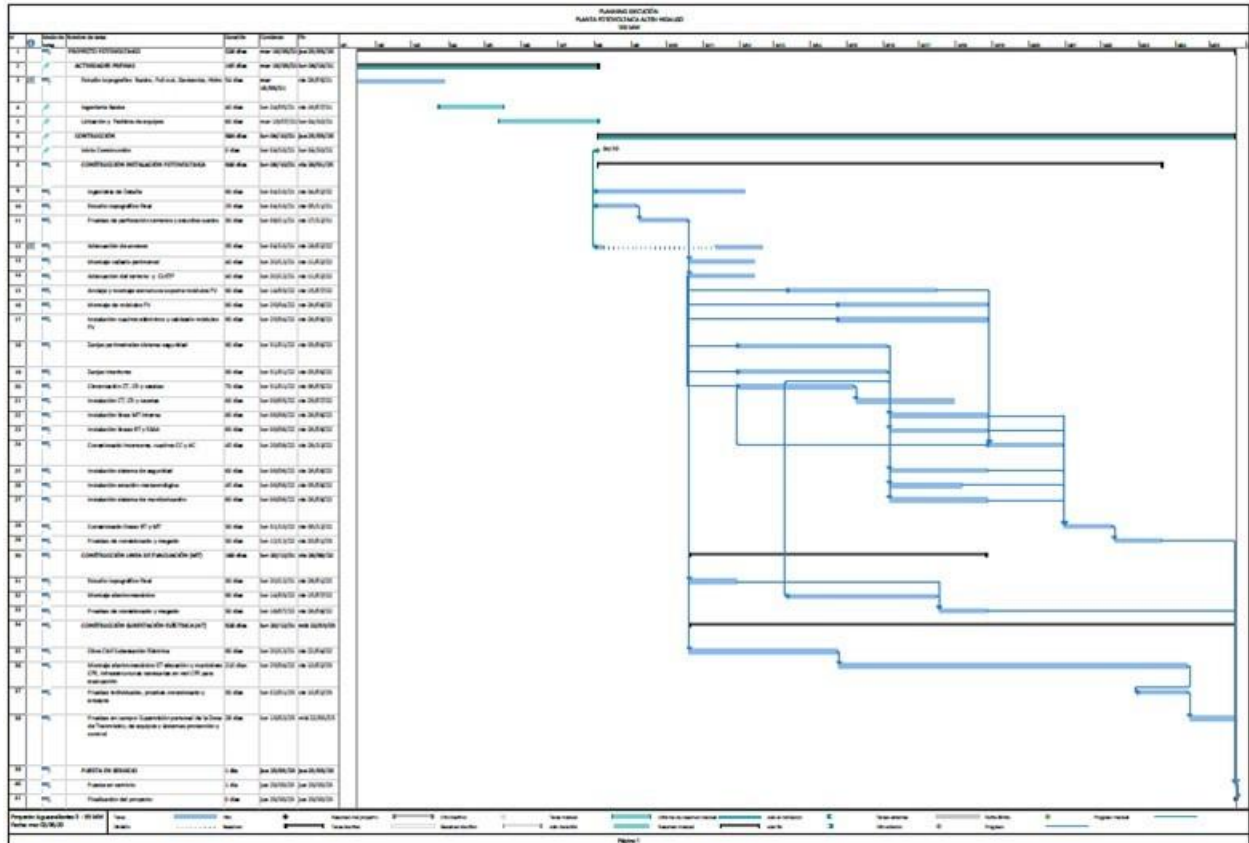
Figura II.1 Ubicación del proyecto



II.1.3 Duración del proyecto

El programa general de trabajo comprenderá 25 meses para la ejecución de las etapas de preparación del sitio y construcción, y de 30 años para operación y mantenimiento. Debido a las dimensiones del programa general de trabajo y para una mejor visualización, éste se agrega como anexo (ANX VIII.II.3) en el capítulo VIII de esta MIA-R (Figura I.2).

Figura II.2 Programa general de trabajo



II.2 Datos generales del promovente

II.2.1 Nombre o razón social

El promovente de “El proyecto” es la persona moral denominada “**Alten Energías Renovables México Once, S.A. de C.V.**”, en lo sucesivo “**Alten**”, acreditando su personalidad con el instrumento notarial N°. 36,582 libro N° 560, de fecha 11 de abril del 2018, llevado a cabo en la Notaria N° 171 cuyo titular es el Lic. Juan José Barragán A. Abascal, de la Ciudad de México; y que para los efectos de este acto se adjunta copia certificada y copia simple para su debido cotejo (ANX.VIII.I.2 ACT CONST 36582).

II.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

El Registro Federal de Contribuyentes de “Alten” es: [REDACTED] por lo que se adjunta copia simple de la Constancia de Situación Fiscal (ANX.VIII.I.3).

II.2.3 Nombre y cargo del representante legal

El Representante Legal de “Alten” es el [REDACTED], personalidad que acredita de conformidad a las Leyes Mexicanas según se desprende del Instrumento Notarial N° 41,914 libro 645 de fecha 17 de octubre de 2019, pasada ante la Fe del Lic. Juan José A. Barragán Abascal, titular de la Notaría N° 171 de la Ciudad de México, y que para los efectos de este acto se adjunta copia certificada y copia simple para su debido cotejo (ANX.VIII.I.4 PODER 41914 MHS), así como copia certificada para cotejo de la identificación oficial de representante legal (ANX.VIII.I.5 INE MHS).

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

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

II.2.5 Responsable técnico del estudio

El nombre de la empresa consultora responsable de la elaboración del estudio es:

- ACUACORP de Hidalgo, S. A. de C. V.
- [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED].

II.2.6 Registro Federal de Contribuyentes o CURP del consultor

[REDACTED]
[REDACTED]
■ [REDACTED]

II.2.7 Nombre del responsable técnico del estudio

El responsable técnico de la elaboración del documento referente al Estudio de Impacto Ambiental es (Tabla I-1):

Tabla II.1 Responsable técnico del estudio

Nombre	Cédula profesional	CURP
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

ANX.VIII.I.6 Cédula Profesional del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

ANX.VIII.I.7 Identificación oficial del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental, se presenta en el ANX.VIII.I.8 la Declaración bajo protesta de decir verdad del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y del Representante Legal de la empresa promovente: "Alten".

Para la realización del presente documento se contó con la colaboración de un grupo interdisciplinario, conformado por los siguientes especialistas (Tabla I-2):

Tabla II.2 Equipo técnico

Nombre	Rubros en los que participó
[REDACTED]	Supervisión de la elaboración de la MIA-R
[REDACTED]	Coordinación y dirección de la MIA-R.
[REDACTED]	Capítulo I
[REDACTED]	Capítulo II
[REDACTED]	Capítulo III
[REDACTED]	Capítulo IV
[REDACTED]	Capítulo V
[REDACTED]	Capítulo VI
[REDACTED]	Capítulo VII
[REDACTED]	Capítulo VIII
[REDACTED]	Cartografía y geomántica

II.2.8 Domicilio del responsable técnico del estudio

Tabla II.3 Domicilio y datos de contacto del responsable técnico del estudio

Domicilio y datos de contacto del responsable técnico del estudio	
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**

**CAPÍTULO II. Descripción de las
obras o actividades y, en su caso, de
los programas o planes parciales de
desarrollo**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

II.	Descripción del proyecto _____	1
II.1	Información general del proyecto _____	1
II.1.1	Naturaleza del Proyecto _____	3
II.1.2	Justificación _____	4
II.1.3	Ubicación física _____	7
II.1.3.1	Criterios de elección del sitio _____	7
II.1.3.2	Ubicación física del proyecto y dimensiones _____	10
II.1.4	Inversión requerida _____	12
II.2	Características particulares del proyecto _____	12
II.2.1	Programa general de trabajo _____	50
II.2.2	Representación gráfica regional _____	50
II.2.3	Representación gráfica local _____	52
II.3	Preparación del sitio y construcción _____	54
II.3.1	Preparación del sitio _____	54
	Remoción de vegetación existente (desmote y despalme) _____	54
	Trazo y nivelación _____	54
	Corte y relleno de terreno _____	54
	Establecimiento de canalizaciones internas _____	55
II.3.2	Construcción _____	55
	Excavación _____	55
	Cimentación _____	55
	Montaje de estructuras _____	55
	Construcción de vialidades _____	56
	Construcción de zanjas y arquetas _____	57
	Edificio de control _____	57
	Vallado perimetral _____	57
	Construcción de subestaciones de elevación y maniobras _____	57
	Derecho de vía de la línea de transmisión _____	60
	Cimentación de la línea de transmisión _____	60
	Relleno y compactación de la línea de transmisión _____	61

Montaje y armado de torres auto soportadas	61
Señalización de líneas de transmisión	62
Sistema de tierras	62
Tendido y tensionado del cable de guarda	62
Tendido y tensionado del cable conductor	62
Revisión final para puesta en servicio	62
II.4 Etapa de operación y mantenimiento	63
II.4.1 Operación	63
II.4.2 Mantenimiento	64
Mantenimiento Preventivo	65
Mantenimiento Predictivo	68
Mantenimiento Correctivo	68
II.5 Etapa de abandono del sitio	70
Desmantelamiento de equipos (módulos e inversores):	71
Retiro de equipos y materiales:	71
Demolición de cimentaciones y edificaciones:	71
Retiro de material de demolición (residuos de manejo especial):	71
Acciones de rehabilitación, restitución o compensación de las superficies intervenidas:	71
Evaluación de cambios probables en el área como resultado del abandono:	72
II.6 Mano de obra y maquinaria	72
II.7 Residuos.	73
II.8 Generación de gases de efecto invernadero	76
II.8.1 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CFC, O ₃ , entre otros.	76
II.8.2 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto	77
II.9 Relación de etapas, componentes y acciones del proyecto que potencialmente pueden incidir en la generación de impactos al ambiente.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Coordenadas del polígono del proyecto	2
Tabla II.2 Especificación del AeP por componentes principales	3
Tabla II.3 Superficie de usos de suelo y vegetación serie VI INEGI del AeP.	12
Tabla II.4 Superficie de forestal encontrada durante estudios de campo	12
Tabla II.5 Coordenadas de los polígonos con generador fotovoltaico	14
Tabla II.6 Coordenadas de los caminos de acceso al generador fotovoltaico	16
Tabla II.7 Coordenadas de ubicación de la subestación de maniobras	33
Tabla II.8 Coordenadas de ubicación del camino de acceso a la subestación de maniobras	33
Tabla II.9 Coordenadas de ubicación de la subestación de elevación	34
Tabla II.10 Coordenadas de ubicación de la línea de transmisión.....	35
Tabla II.11 Coordenadas de ubicación de las torres de la línea de transmisión y líneas de interconexión	35
Tabla II.12 Coordenadas de la ubicación de las líneas de interconexión.....	35
Tabla II.13 Superficie destinada a obras de carácter temporal	48
Tabla II.14 Estimación del personal a contratar	73
Tabla II.15 Estimación de la maquinaria a utilizar para la ejecución del proyecto	73
Tabla II.16 Residuos generados por actividad a realizar en cada etapa del proyecto	74
Tabla II.17 Generación de residuos durante 10 meses de preparación del sitio y construcción.....	75
Tabla II.18 Residuos provenientes del embalaje de paneles	76
Tabla II.19 Árbol de acciones identificadas para el proyecto	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Representación de las áreas del proyecto	11
Figura II.2 Ejemplo de agrupación de módulos fotovoltaicos	13
Figura II.3 Dimensiones del módulo fotovoltaico HiKu poliperc module de Canadian Solar	17
Figura II.4 Características técnicas del módulo fotovoltaico a utilizar (HiKu 410 Wp)	18
Figura II.5 Bloque de potencia Gamesa PV 3750.....	19
Figura II.6 Especificaciones técnicas del inversor Gamesa PV3750.....	21
Figura II.7 Ejemplo del seguidor solar o tracker	24
Figura II.8 Caja de conexión	27
Figura II.9 Características de los cables RHZ1 (MT)	29
Figura II.10 Esquema simple de la localización del proyecto y de las dos líneas de la CFE	31
Figura II.11 Extracto del diagrama de red eléctrica México (Alta tensión).....	31
Figura II.12 Configuración LT entre SE Elevación y SE Maniobras	32
Figura II.13 Arreglo eléctrico del proyecto con la SE de Maniobras.....	34
Figura II.14 Vista de planta del edificio de control	37
Figura II.15 Vista de bloque de potencia de MT.....	38

Figura II.16 Vialidad interna tipo de la planta fotovoltaica	39
Figura II.17 Ejemplo de puerta de acceso	41
Figura II.18 Ejemplo de sección de vallado	41
Figura II.19 Protección de los bloques de potencia.....	43
Figura II.20 Protección de caminos internos en la planta	43
Figura II.21 Visualización de la estación meteorológica	47
Figura II.22 Distribución del almacén y zona de acopio	49
Figura II.23 Programa General de trabajo	50
Figura II.24 Representación gráfica Regional	51
Figura II.25 Representación gráfica local.....	53
Figura II.26 Ejemplo de paneles fotovoltaicos sobre trackers	56
Figura II.27 Ejemplo de vialidades internas.....	56
Figura II.28 Ejemplo de excavación de zanjas y tendido de cable	57
Figura II.29 Ejemplo de construcción de subestación de maniobras	58
Figura II.30 Ejemplo de construcción de cimentaciones mayores	59
Figura II.31 Ejemplo de construcción de cimentaciones menores	59
Figura II.32 Área circundante para llevar a cabo las excavaciones	61
Figura II.33 Modelo de operación de una planta solar fotovoltaica.....	64
Figura II.34 Curvas I-V y P-V de un sistema fotovoltaico @G = 1000 W/m ² , T = 0, 25, 50, 75°C (Almaktara, M. <i>Et al.</i> 2013)	79
Figura II.35 Capas de un panel fotovoltaico	80
Figura II.36 Intercambio de radiación en una superficie	82

II. Descripción del proyecto

II.1 Información general del proyecto

El proyecto Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW, en lo sucesivo “El proyecto” promovido por la empresa Alten Energías Renovables México Once, S.A. de C.V., en lo sucesivo “Alten”, se ubicará en el Estado de Hidalgo, en el municipio de Nopala de Villagrán.

El proyecto que se presenta consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una planta solar fotovoltaica con una potencia nominal de 100 MWac en corriente alterna para conexión a red y capaz de producir aproximadamente 296,028 MWh/año. La planta transformará la energía procedente de la radiación solar a energía eléctrica al incidir sobre una serie de celdas o módulos solares instalados sobre estructuras fijas de metal en el terreno. A este conjunto de módulos se le denomina generadores o paneles fotovoltaicos. A partir de dichas estructuras, la corriente continua producida en el generador fotovoltaico se convierte en corriente alterna mediante inversores.

La Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW estará conformada por 34 inversores de 3,321 kVA cada uno, agrupados en 17 bloques de potencia. El tipo de módulo fotovoltaico descrito en el capítulo es de silicio policristalino de célula partida de 410 Wp, montado sobre estructura fija. Se contará con 17 estaciones de potencia conformadas por 2 inversores con una potencia nominal de 3,321 kVA y transformador de 6,800 kVA. La energía de la totalidad de los bloques de potencia será transmitida por una línea en 230 kV existente que cruza el sitio del proyecto al Sistema Eléctrico Nacional propiedad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante un punto de conexión. La planta fotovoltaica entregará la totalidad de la energía generada a la subestación elevadora, donde se adecuará la tensión mediante un transformador trifásico de 230 kV/34.5 kV, posteriormente se transportará la energía a la subestación eléctrica de maniobras mediante una línea de transmisión área de 230 kV, con longitud de 1.09 km. La longitud de las líneas de entronque que conectarán la SE Maniobras con la línea de CFE de 230 kV existente sumarán una longitud aproximada de 310 m.

El proyecto se encontrará englobado dentro de una poligonal de 498.93 ha (Tabla II.1), dejando una superficie libre de afectación de 176.57 ha, ya que el área de establecimiento del proyecto (AeP) será de 322.36 ha (Tabla II.2).

Tabla II.1 Coordenadas del polígono del proyecto

Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1	418728.11	2242911.60	52	420345.32	2241627.60	103	420262.90	2240855.34
2	418770.40	2242906.58	53	420475.64	2241592.85	104	420238.00	2240871.00
3	418847.95	2242872.06	54	420475.64	2241592.85	105	420134.00	2240939.00
4	418849.01	2242750.71	55	420478.70	2241590.95	106	420114.00	2240998.00
5	418942.96	2242714.23	56	420485.75	2241588.62	107	420063.00	2241010.00
6	419071.70	2242677.79	57	420597.59	2241927.02	108	420035.00	2241003.00
7	419095.91	2242594.87	58	420713.25	2242295.94	109	420032.00	2240961.00
8	419119.81	2242564.83	59	420716.34	2242300.53	110	420021.00	2240929.00
9	419141.63	2242545.51	60	420721.00	2242303.64	111	419987.09	2240867.46
10	419140.01	2242535.41	61	420976.76	2242392.71	112	419568.23	2241013.92
11	419129.13	2242490.09	62	421134.43	2242242.11	113	419469.65	2240919.96
12	419103.25	2242455.09	63	420975.28	2242175.14	114	419181.55	2240987.12
13	419119.42	2242432.89	64	420957.99	2242154.53	115	418972.82	2240867.88
14	419017.32	2242321.37	65	420956.75	2242116.99	116	418720.94	2240783.43
15	418995.19	2242309.21	66	420970.79	2242052.71	117	418658.40	2240979.98
16	418940.34	2242236.37	67	421004.59	2241998.57	118	418557.66	2241116.73
17	419013.80	2242216.63	68	420976.41	2241899.37	119	418276.46	2241311.93
18	419285.91	2242182.75	69	420994.97	2241868.19	120	418260.37	2241162.98
19	419288.50	2242182.54	70	420983.79	2241775.28	121	418188.10	2241050.87
20	419293.55	2242243.66	71	420990.08	2241729.36	122	418092.86	2240963.54
21	419326.39	2242384.78	72	421151.85	2241709.20	123	418214.83	2240732.71
22	419635.26	2242302.77	73	421154.85	2241810.39	124	418088.68	2240719.98
23	419718.84	2242291.09	74	421282.31	2241790.30	125	417861.32	2240543.81
24	419733.92	2242296.83	75	421283.67	2241763.84	126	417817.85	2240544.01
25	419748.75	2242308.73	76	421394.04	2241799.11	127	417690.02	2240639.01
26	419778.83	2242348.64	77	421403.51	2241761.63	128	417472.65	2240747.86
27	419795.29	2242386.26	78	421392.86	2241758.52	129	417416.38	2241057.02
28	419814.07	2242421.85	79	421367.03	2241636.37	130	417255.45	2241157.46
29	419828.35	2242449.74	80	421352.06	2241568.66	131	417139.47	2241253.83
30	419832.80	2242471.78	81	421338.01	2241533.89	132	417074.55	2241353.88
31	419859.53	2242501.41	82	421338.24	2241490.96	133	417133.22	2241453.00
32	419888.14	2242530.07	83	421332.95	2241461.07	134	417194.96	2241557.03
33	419911.28	2242548.81	84	421323.16	2241413.83	135	417192.75	2241578.48
34	420022.15	2242566.08	85	421298.29	2241325.91	136	417441.92	2241525.78
35	420170.36	2242589.17	86	421258.24	2241186.83	137	417735.91	2241473.18
36	420241.73	2242604.99	87	421239.55	2241131.78	138	418173.70	2241386.39

Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
37	420301.31	2242633.30	88	421173.48	2241083.02	139	418211.43	2241381.53
38	420316.30	2242645.11	89	421136.21	2241026.02	140	417999.32	2241555.24
39	420345.41	2242643.49	90	421094.81	2240912.11	141	417983.55	2241575.74
40	420349.98	2242643.23	91	421074.54	2240862.52	142	417978.46	2241587.05
41	420361.07	2242639.64	92	421067.09	2240853.65	143	417974.71	2241620.91
42	420287.47	2242432.65	93	421012.92	2240825.11	144	417977.85	2241788.76
43	420433.44	2242389.69	94	420993.69	2240818.41	145	418217.36	2241764.20
44	420425.34	2242363.30	95	420968.30	2240803.22	146	418221.78	2241964.38
45	420425.34	2242363.30	96	420921.99	2240737.20	147	418587.77	2241924.31
46	420567.14	2242325.08	97	420900.31	2240705.02	148	418588.01	2241926.48
47	420569.07	2242324.56	98	420870.45	2240667.24	149	418612.65	2242260.17
48	420537.59	2242226.49	99	420855.12	2240673.80	150	418555.74	2242455.60
49	420474.62	2242030.35	100	420710.77	2240772.98	151	418728.23	2242902.80
50	420410.43	2241830.40	101	420305.45	2240955.32	152	418725.13	2242913.62
51	420345.32	2241627.60	102	420300.58	2240957.12	153	418728.11	2242911.60

Tabla II.2 Especificación del AeP por componentes principales

Área	Superficie (ha)	Longitud (km)
Polígonos con generador fotovoltaico, red de media tensión subterránea, vialidades internas, Subestación elevadora, parte de la línea de transmisión (SE elevadora – SE de maniobras) y obras temporales.	312.12	-
Subestación de maniobras	4.185	-
Línea de transmisión		1.09
Derecho de vía de la línea de transmisión (36 m ancho)	3.9168	
Líneas de interconexión		0.31
DDV de la línea de interconexión (36 m ancho)	1.8	
Camino de acceso a los polígonos con el generador fotovoltaico (4 m ancho)	0.1905	0.37
Caminos a la subestación de maniobras	0.1470	0.48
Total	322.36	2.25

II.1.1 Naturaleza del Proyecto

La construcción, operación y mantenimiento del proyecto, corresponde a un proyecto que promueve el uso de energías renovables, en particular de la energía solar que, al igual que otras energías semejantes, constituye en contraste a los combustibles fósiles, una fuente inagotable de energía. Esto contribuye al autoabastecimiento energético nacional, con un impacto comparativamente mucho menor que las fuentes convencionales de energía.

Se trata de un proyecto integral que comienza con la captación y transformación de energía solar en eléctrica en los paneles fotovoltaicos que conforman la planta fotovoltaica ubicada en Nopala de Villagrán; continúa vía subterránea a través de la conexión con la subestación de elevación mediante cableado y concluye en su entrega en la subestación de maniobras a través de una línea de transmisión aérea. Por lo anterior, el proyecto se inscribe en el sector secundario de la economía, en tanto que implica la transformación de materia prima, luz solar en este caso, en energía eléctrica. Para pronunciarnos respecto a la naturaleza del proyecto se destaca que, de acuerdo con la clasificación de INEGI (INEGI 2018)¹, desde el punto de vista económico, este se inscribe en el rubro de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica a partir de energía solar.

II.1.2 Justificación

La instalación de plantas fotovoltaicas se considera óptima desde el punto de vista energético ya que reduce la dependencia energética convencional, elimina el uso de combustibles fósiles para producir energía eléctrica y, consecuentemente, genera electricidad sin producir los residuos, particularmente los gases de efecto invernadero, característico de las centrales termoeléctricas. En la actualidad las necesidades de generación de electricidad se incrementan día a día y los procesos del uso de la energía solar fotovoltaica mejoran en su eficiencia, ello desempeña una función determinante en todo el territorio nacional. El emplazamiento de esta planta fotovoltaica fue elegido teniendo en cuenta la fuerte insolación de la zona, la proximidad a la red eléctrica existente, la extensión superficial disponible, la buena infraestructura y fácil acceso a través de carreteras nacionales y estatales. La captación de energía solar mediante paneles solares en la cuantía proyectada es viable al instalarlos en terrenos despejados, de gran superficie, llanos y libres de sombras, circunstancias que se consiguen sólo en terrenos rústicos.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2015 (INEGI)², México emitió 683 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) de gases efecto invernadero (GEI), de las cuales la mayor contribución se debe al sector transporte (25.1%), seguido por el de industrias de la energía (24.1%) y el de las industrias de manufactura y de la construcción (9.3%).

La Ley General de Cambio Climático³ establece para la política nacional de mitigación, que el país debe privilegiar las acciones con mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que, a la vez, brinden beneficios de salud y bienestar para la población. La propia Ley señala, como uno de sus principios rectores, la adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones de carbono.

En su artículo 34 fracción I inciso a), la Ley citada es clara al señalar que, para la reducción de emisiones en la generación y uso de energía, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de su competencia fomentarán prácticas de eficiencia energética y promoverán el uso de fuentes renovables de energía.

De igual manera, como parte de la agenda 2030 (PNUD)⁴ y los objetivos de desarrollo sostenible, en particular el objetivo 7, se refiere a la energía asequible y no contaminante. El

mundo está avanzando hacia la consecución del objetivo 7 con indicios alentadores de que la energía se está volviendo más sostenible y ampliamente disponible. El acceso a la electricidad en los países más pobres ha comenzado a acelerarse, la eficiencia energética continúa mejorando y la energía renovable está logrando resultados excelentes en el sector eléctrico.

Los grandes retos que se plantean como parte del objetivo 7, son:

- 7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos
- 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas
- 7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética
- 7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias
- 7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

El proyecto a su vez, además de adherirse a la legislación y objetivos previamente mencionados, se ha planeado en su desarrollo desde una visión sustentable, toda vez que pretende abarcar los pilares de este tipo de desarrollos: económico, ambiental y social, mismos que, una vez relacionados entre sí, generaran un desarrollo soportable en lo ecológico, viable en lo económico y equitativo en lo social.

En cuanto a la compatibilidad del proyecto con las condiciones ambientales prevalecientes en el sistema ambiental regional (SAR), se prevé que:

- a) Clima: La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que el proyecto no producirá contaminación térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.
- b) Geología: Aunque las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas, el proyecto está diseñado a partir de la adquisición de paneles que ya se fabrican por empresas establecidas.
- c) Suelo: La generación de electricidad por este medio no producirá contaminantes ni vertidos. Si bien se prevén movimientos de tierra, se prevé dejar libre de afectación una superficie de 176.57 ha, la incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad será mínima. Si bien la construcción de las subestaciones de elevación y maniobras, así como la cimentación de las torres que conforman la línea de transmisión generarán movimientos de tierra,

éstos son de escaso impacto en virtud que los terrenos que se emplearán en su mayoría son de uso agrícola.

- d) Aguas superficiales y subterráneas: No existen en el predio corrientes de agua superficiales y, en cuanto a una probable afectación del acuífero, ésta no ocurrirá, puesto que se tendrá una estricta vigilancia y se aplicarán estrictas medidas de control que garanticen que los contratistas no realicen actividades de mantenimiento de maquinaria en el predio, atiendan de inmediato cualquier accidente que provoque derrame de hidrocarburos y gestionen sus residuos de conformidad con la normatividad establecida.
- e) Flora: Las áreas seleccionadas para el desarrollo del proyecto, si bien presentan vegetación forestal, los ecosistemas tienen una distribución que va más allá de los límites del polígono del proyecto. La remoción de vegetación será menor en el sitio propuesto, toda vez que se espera que las afectaciones por esta acción sean mínimas.
- f) Fauna. Con el desplante del proyecto no se prevén afectaciones a la fauna que pudieran poner en riesgo la existencia de especies, toda vez que los muestreos realizados reflejan una pobre diversidad y escasa abundancia relativa.
- g) Paisaje: Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual.
- h) Ruidos: El sistema fotovoltaico es silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor y respetando la normatividad aplicable respecto a generación de ruido provocado por la maquinaria durante la fase de preparación y construcción del proyecto
- i) Medio social: Los ingresos por la agricultura de temporal que depende completamente de las lluvias y las severas sequías que se presentan en la zona, ofrece un incentivo para la renta de los terrenos para la instalación del proyecto, el cual proveerá de un ingreso constante a los propietarios. Como se mencionó con anterioridad, el polígono del proyecto será de 498.93 ha, dentro del mismo se encontrará el AeP 322.36 ha, de la cual el 96.69% es terreno con actividad agrícola que, si bien representan un ingreso para los propietarios, las posibles ganancias monetarias no tienen la constancia que tendrá el ingreso generado por la renta de sus terrenos para el desarrollo del proyecto.
- j) Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso de los espacios naturales protegidos.

Dados los argumentos antes expuestos se considera que:

- a) El proyecto está alineado a la política de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a través del uso de energías renovables, por lo que contribuye a la meta nacional establecida en los diversos preceptos analizados;

- b) Las condiciones ambientales prevalecientes en el SAR serán mínimamente afectadas con la construcción y puesta en operación del proyecto, lo que, si bien ha sido anticipado en el presente apartado, quedará plenamente demostrado en el capítulo V del presente estudio.

II.1.3 Ubicación física

El área de establecimiento del proyecto fue seleccionada con base en los criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos siguientes:

II.1.3.1 Criterios de elección del sitio

La selección del sitio donde se desarrollará el proyecto se fundamentó en los aspectos que se expusieron en la justificación y se refuerza con los criterios técnicos, ambientales, económicos y sociales que a continuación se describen:

a) Técnicos

- El área de establecimiento del proyecto se encuentra, en su mayoría, perturbada debido a actividades agrícolas de temporal y ganadería. En la zona del proyecto se encuentra el gasoducto Tula – Villa de Reyes, de la empresa Transportadora de Gas de la Huasteca, S. de R.L. de C.V. El gasoducto cruza el predio de la planta, sin embargo, el implante de la planta se situará a ambos lados de este. Dicha infraestructura no interferirá en la implementación del proyecto, la ubicación de este en relación al gasoducto dejará distancias de separación casi dos veces mayores a los 14 m que tiene el derecho de vía (DDV) de este tipo de infraestructura (establecido por la NOM-007-ASEA-2016) a excepción de dos cruces de los caminos de acceso al proyecto (camino 1 y camino 2), un cruzamiento de zanja de media tensión y cruzamiento aéreo de la línea de interconexión. Sin embargo, durante el proceso constructivo de las terracerías de los caminos y demás elementos, se seguirán los procesos acordados con el concesionario del ducto y los que establezcan las disposiciones jurídicas aplicables, por lo que, en condiciones normales de desarrollo de las obras y actividades del proyecto, en todas sus etapas, no se prevé algún tipo de interacción con la infraestructura del ducto. Anexo a este documento se presenta el mapa de la ubicación del proyecto en relación con el gasoducto (ANX VIII.II.1).
- La topografía plana del predio permite la instalación de paneles sin necesidad de cortes o rellenos excesivos;
- Se tiene excelente nivel de irradiación solar ($G_{hm}=2171$ kWh/m² de irradiación global mensual al año);
- Se encuentra muy próxima al punto de interconexión Sistema Eléctrico Nacional;

- La ubicación de la planta fotovoltaica se ha llevado a cabo de tal forma que se maximizará la producción de energía eléctrica, en virtud que los cálculos realizados con modelos meteorológicos, y a la modelización realizada con un software específico para cálculos, modelización y análisis de recurso Solar Fotovoltaico.

b) Ambientales

- El proyecto será desarrollado en un área mayormente agrícola, la vegetación forestal a remover será de un aproximado 3.34% del AeP, los ecosistemas tienen una distribución que va más allá de los límites del área del proyecto, por lo que las afectaciones por esta acción serán mínimas.
- La topografía del terreno facilitará la integración del proyecto al paisaje actual;
- Dada la ausencia de corrientes de agua superficiales en el área de establecimiento del proyecto, no se afectarán sus cauces ni se contaminarán.
- Los efectos sobre el ambiente, como se demostrará en el capítulo V, serán mínimos y temporales, en comparación con la generación de electricidad que utiliza combustibles fósiles;
- La ubicación del predio está a una distancia de 1.11 kilómetros de la carretera 45 Huichapan-San Juan del Río, el ingreso al predio se encuentra planeado de la misma carretera, por lo que no se afectarán áreas de importancia ecológica;
- El área de establecimiento del proyecto, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se encuentra fuera de áreas naturales protegidas (federales o estatales); regiones terrestres prioritarias; y de áreas de importancia para la conservación de las aves

c) Económicos

- La producción de energía eléctrica a través del uso de energías renovables como la radiación solar, representa para el Estado mexicano una vía para promover la eficiencia y sustentabilidad energética. En ese sentido, el proyecto contribuirá con el abastecimiento al mercado eléctrico nacional a precios competitivos
- La implementación del parque solar fotovoltaico en terrenos agrícolas resulta un aliciente para que los propietarios de las tierras complementen su ingreso primario con la renta de sus parcelas.

- Derivado de la construcción del proyecto, la economía local se verá impulsada por el incremento en la demanda de servicios y bienes, los cuales serán adquiridos dentro de áreas inmediatas a este (e.g. agua potable, agua tratada, alimentos, transporte y disposición de residuos). Cabe mencionar que, al tratarse de un área perturbada por el desarrollo de la agricultura y la ganadería, si bien el proyecto no causará desequilibrios ecológicos, tampoco interferirá con fuentes de origen ecológico que provean a los pobladores de recursos económicos.

d) Sociales

- De acuerdo con la Secretaría del Bienestar, el municipio de Nopala de Villagrán cuenta con localidades de marginación alta y muy alta; es clasificado como uno de los 10 principales municipios, del estado de Hidalgo, expulsores de población según Franco-Sánchez (2012)⁵, esto se refleja en el anuario de migración y remesas de México (2019)⁶, donde Hidalgo exhibe un mayor flujo emigrante que inmigrante, colocándose en el octavo lugar a nivel nacional con población emigrante hacia los Estados Unidos de América (INEGI, 2018)⁷. En este contexto, se provee que la construcción del proyecto represente una fuente de empleo alternativa que, si bien será temporal, podrá contribuir a disminuir el índice de emigración dentro del municipio a través de la retención poblacional durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto.
- Hidalgo cuenta con 84 municipios, de los cuales 23 son municipios indígenas, 7 tienen presencia indígena y 54 tienen población indígena dispersa^{II}, el municipio de Nopala de Villagrán se encuentra dentro de la categoría de “municipio con población indígena dispersa” (CDI-PNUD, 2010)⁸. Adicional a lo anterior, se cuenta con el registro en Nopala de Villagrán, de un sitio arqueológico que corresponde al cerro de Cutejhé, ubicado en la comunidad de Maravillas, cuya distancia es a poco más de 18 km en su punto más cercano respecto al área de establecimiento del proyecto. En este contexto, la pretendida ubicación del proyecto no incidirá con comunidades indígenas ni sitios de valor cultural, por lo que no se prevén problemas sociales derivados de estos factores.

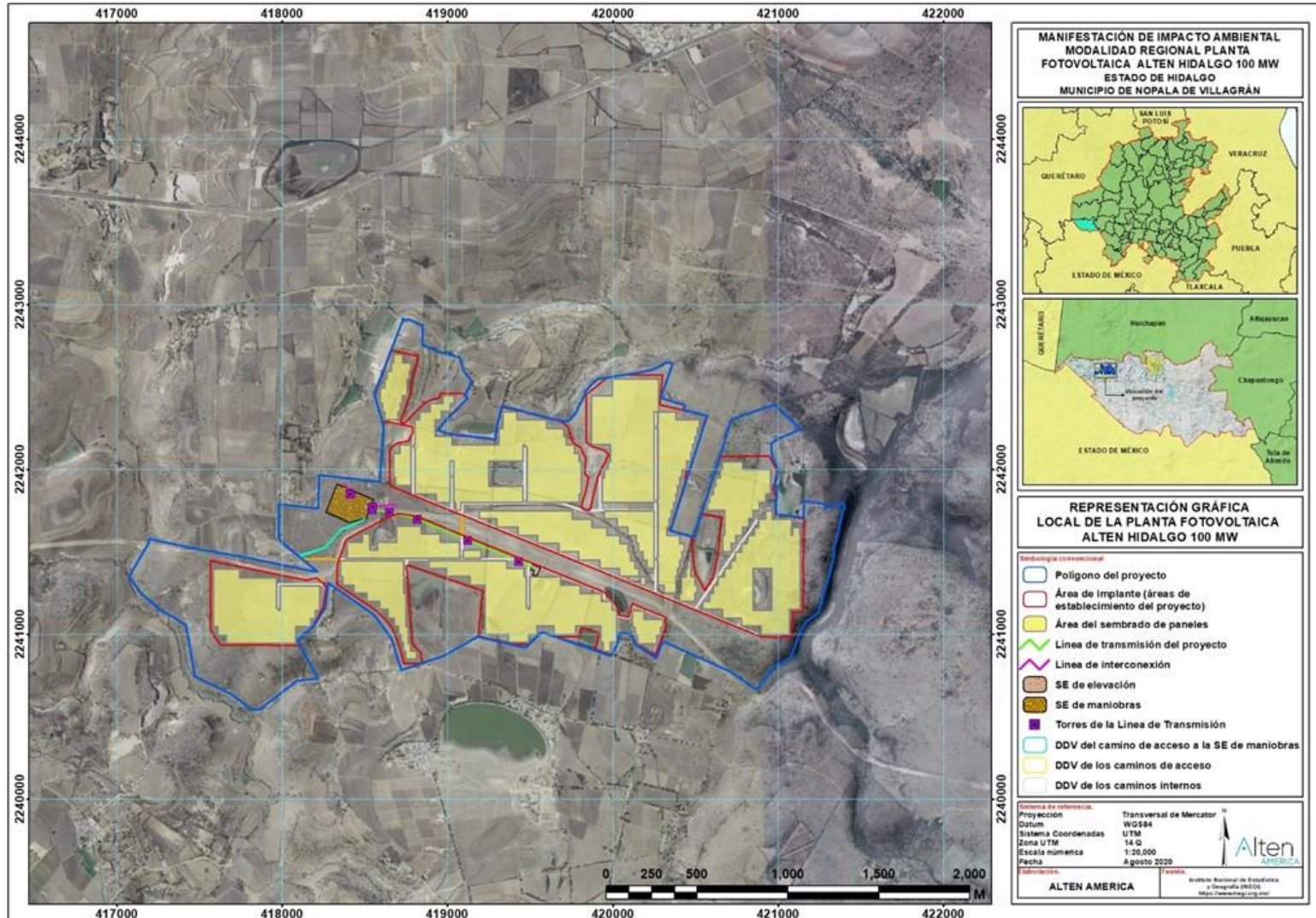
^{II} Existen tres categorías para la distribución indígena en municipios: 1) municipios indígenas, donde la Población Indígena (PI) representa el 40% o más de la población total; a) municipios con presencia indígena, aquellos con menos del 40% de población indígena respecto a la población total, y donde la población indígena es de 5,000 o más personas, así como aquellos municipios con menos de 40% de población indígena y presencia de lenguas minoritarias, y 3) municipios con población indígena dispersa, aquellos con menos de 40% de población indígena y menos de 5,000 indígenas que pertenecen a la categoría.

II.1.3.2 Ubicación física del proyecto y dimensiones

El proyecto se localizará en el municipio de Nopala de Villagrán, aproximadamente a 143 kilómetros de distancia de la capital Hidalgo y se encontrará dentro de un polígono de 498.94 ha, dentro del cual se ubicará el AeP de 322.36 ha, en las cuales se instalará el generador fotovoltaico, línea de transmisión área, subestaciones de elevación y de maniobra, así como componentes secundarios: edificios de control, vialidades de acceso, cercado perimetral entre otros (Figura II.1), para una mejor visualización se presenta como anexo bajo el nombre ANX VIII.II.2 Las coordenadas de cada uno de los componentes que forman proyecto se encuentran en el apartado *características particulares del proyecto* de este capítulo.

Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R

Figura II.1 Representación de las áreas del proyecto



Se especifica que de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación de la serie VI del INEGI, dentro del AeP existe una superficie forestal de 10.68 ha (Tabla II.3).

Tabla II.3 Superficie de usos de suelo y vegetación serie VI INEGI del AeP.

Uso de suelo y vegetación	Clave USV	Superficie (Ha)	%
Agricultura de temporal anual	TA	282.63	87.68
Agricultura de temporal permanente	TP	29.05	9.01
Matorral crasicaule	MC	7.16	2.22
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	VSa/MC	3.52	1.09
TOTAL		322.36	100.00

Sin embargo, con los estudios realizados en campo, se identificó que el área forestal a afectar por el desarrollo del proyecto será de 82.5586 ha (Tabla II.4).

Tabla II.4 Superficie de forestal encontrada durante estudios de campo

Uso de suelo y vegetación	Clave USV	Superficie (Ha)	%
Vegetación primaria de matorral crasicaule	VPMC	52.4374	63.52
Vegetación secundaria de matorral crasicaule	VSMC	30.1212	36.48
TOTAL		82.5586	100.00

II.1.4 Inversión requerida

La construcción del proyecto significará para la empresa promotora una inversión de recursos propios del orden de \$2'227'830,000.00 MXN, el cual resulta equivalente a \$100'000,000.00 USD^{III}.

Dicha cantidad se invertirá en una proporción 30%, 60% y 10% en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, respectivamente.

Si bien en este momento se carece de argumentos para estimar con precisión el costo que tendrá la implementación de las medidas de mitigación, prevención y compensación, se prevé que la empresa invierta aproximadamente \$2'250,064.48 MXN equivalentes a \$100,998.03 USD.

II.2 Características particulares del proyecto

Como se mencionó con anterioridad la planta estará conformada por 17 estaciones de potencia conformadas por 2 inversores con una potencia nominal de 3,321 kVA y transformador de 6,800 kVA. La energía de cada bloque de potencia será transmitida por una línea en 230 kV existente que cruza el sitio del proyecto al Sistema Eléctrico Nacional propiedad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante un punto de conexión. La planta fotovoltaica entregará la totalidad de la energía generada a la subestación elevadora, donde se adecuará la tensión mediante un transformador trifásico de 230 kV/34.5 kV, posteriormente se transportará la energía

^{III} De acuerdo con la paridad cambiaria del Banco de México de fecha 17/06/2020. <http://www.banxico.org.mx/> equivalente a \$22.2783

a la subestación eléctrica de maniobras mediante una línea de transmisión aérea de 230 kV, con longitud aproximada de 1.09 km. La longitud de las líneas de entronque que conectarán la SE Maniobras con la línea de CFE de 230 kV existente sumarán una longitud aproximada de 310 m.

Componentes principales del proyecto

Generador fotovoltaico

El proyecto tendrá una potencia nominal en punto de interconexión de 100.00 MWac. El generador fotovoltaico estará formado por 318,600 módulos fotovoltaicos de 410 Wp cada uno, para formar un generador FV de potencia 130,626,000 Wp. (130.626 MWp). Los módulos estarán conectados a 17 bloques de potencia, con un total de 34 inversores de 3,321 kVA cada uno, formando una potencia aparente total de 112,914 kVA (Figura II.2⁹).

Figura II.2 Ejemplo de agrupación de módulos fotovoltaicos



Configuración global:

- 34 inversores 3,321 kVA en 17 estaciones de potencia o Skid de 2 inversores
- 3,540 seguidores solares (90 módulos / seguidor)
- 130,626,000.00 Wp
- 10,620 Strings (30 módulos/string)

La superficie útil para la instalación de módulos fotovoltaicos será de aproximadamente 70.4 ha, y se encontrará dentro de una superficie de mayor dimensión englobada por vallado, la cual se estima en 312.08 ha, esta superficie se divide en 3 polígonos: polígono-A (206.62 ha), polígono-B (77.09 ha) y polígono-C (28.37 ha) (Tabla II.5).

Tabla II.5 Coordenadas de los poligonos con generador fotovoltaico

POLÍGONO-A

Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1	418648.86	2241902.06	36	419329.02	2242380.52	71	420512.39	2242149.88
2	418648.86	2242104.16	37	419474.17	2242344.21	72	420458.50	2241986.35
3	418661.20	2242136.03	38	419583.28	2242315.13	73	420440.06	2241986.27
4	418694.38	2242158.43	39	419687.86	2242290.10	74	420438.64	2241928.64
5	418765.90	2242173.60	40	419725.78	2242258.86	75	420343.78	2241626.49
6	418779.47	2242205.92	41	419749.89	2242180.80	76	420473.98	2241591.33
7	418790.10	2242218.82	42	419761.28	2242162.67	77	420485.02	2241453.14
8	418790.40	2242259.63	43	419782.13	2242146.23	78	420499.06	2241359.97
9	418663.96	2242285.21	44	419802.37	2242137.90	79	420509.78	2241356.66
10	418637.24	2242287.34	45	419817.33	2242102.46	80	420556.47	2241267.11
11	418606.38	2242285.83	46	419836.10	2242071.02	81	420603.70	2241343.36
12	418557.12	2242455.20	47	419833.09	2242019.40	82	420636.73	2241503.00
13	418614.74	2242604.50	48	419827.28	2241992.57	83	420653.03	2241665.32
14	418659.90	2242721.82	49	419832.96	2241970.12	84	420658.23	2241708.05
15	418818.28	2242687.19	50	419851.25	2241955.21	85	420535.69	2241734.13
16	418811.60	2242643.69	51	419833.57	2241863.69	86	420649.20	2242076.88
17	418780.46	2242539.64	52	419810.52	2241797.79	87	420947.49	2242080.56
18	418774.93	2242473.95	53	419811.42	2241761.39	88	420994.29	2241988.07
19	418768.58	2242443.95	54	419840.85	2241752.82	89	420970.34	2241885.65
20	418715.77	2242291.14	55	419863.27	2241756.80	90	420983.13	2241832.72
21	418722.26	2242282.59	56	419888.81	2241878.89	91	420982.27	2241726.63
22	418741.17	2242280.34	57	419910.04	2241954.35	92	421157.47	2241702.88
23	418790.76	2242336.31	58	419924.76	2241989.21	93	421150.84	2241384.75
24	418864.77	2242403.88	59	419953.96	2242047.56	94	421152.08	2241363.67
25	418896.97	2242418.87	60	419972.41	2242086.89	95	421148.85	2241137.19
26	418942.93	2242429.30	61	419954.56	2242114.32	96	421088.67	2241136.94
27	418959.67	2242460.55	62	419877.07	2242137.79	97	421083.16	2240986.92
28	419094.31	2242461.64	63	419838.39	2242165.42	98	420964.25	2240985.24
29	419115.81	2242430.03	64	419838.47	2242452.63	99	420905.13	2240986.11
30	418994.19	2242310.82	65	419968.46	2242556.77	100	420869.50	2240998.07
31	418938.42	2242235.65	66	420073.58	2242571.32	101	419693.60	2241476.42
32	419013.48	2242214.33	67	420300.39	2242570.95	102	419117.56	2241711.01
33	419290.03	2242178.73	68	420283.35	2242392.66	103	419014.04	2241752.63
34	419295.19	2242242.87	69	420567.06	2242324.07	104	418648.86	2241902.06
35	419317.59	2242333.37	70	420547.55	2242262.92	Superficie: 206.62		

POLÍGONO-B

Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1	418344.64	2241461.04	23	420272.37	2240918.35	45	418753.08	2241413.59
2	418381.39	2241565.10	24	420253.88	2240870.87	46	418773.94	2241045.20
3	418394.90	2241580.11	25	420135.00	2240939.00	47	418783.76	2240947.47
4	418470.50	2241622.92	26	420115.00	2240999.00	48	418784.56	2240944.81
5	418649.22	2241713.77	27	420063.00	2241011.00	49	418797.15	2240928.53
6	418695.77	2241732.57	28	420034.00	2241004.00	50	418840.29	2240889.14
7	418806.57	2241718.69	29	420031.00	2240961.00	51	418841.33	2240824.12
8	419087.78	2241603.55	30	420020.00	2240929.00	52	418735.71	2240824.45
9	419530.44	2241423.63	31	419993.22	2240880.42	53	418707.28	2240922.65
10	419898.79	2241274.00	32	419963.90	2240881.17	54	418685.09	2240995.99
11	419960.40	2241248.89	33	419892.78	2240905.10	55	418663.16	2241039.54
12	419958.00	2241243.00	34	419915.83	2241005.67	56	418618.14	2241095.44
13	420001.53	2241199.87	35	419904.65	2241015.26	57	418598.86	2241116.85
14	420028.00	2241154.00	36	419808.83	2241036.85	58	418584.32	2241130.57
15	420034.00	2241115.00	37	419791.12	2240985.93	59	418566.46	2241145.49
16	420095.00	2241104.00	38	419646.50	2240987.27	60	418540.32	2241164.39
17	420115.34	2241185.75	39	419567.98	2241015.73	61	418398.82	2241257.94
18	420169.97	2241163.48	40	419488.28	2240938.45	62	418333.07	2241302.27
19	420314.10	2241104.10	41	419401.42	2240938.07	63	418330.99	2241421.71
20	420316.36	2241090.91	42	419186.26	2240989.58	64	418344.64	2241461.04
21	420319.24	2241043.97	43	419210.66	2241263.18	Superficie: 77.09 ha		
22	420304.12	2241001.13	44	418757.51	2241419.97			

POLÍGONO-C

Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1	418207.05	2241343.02	8	418103.77	2240932.80
2	418149.34	2241328.21	9	418091.68	2240963.84
3	417911.78	2241375.97	10	418187.19	2241051.21
4	417565.73	2241446.06	11	418246.22	2241166.12
5	417567.32	2241028.70	12	418266.82	2241291.84
6	417624.58	2240935.61	13	418207.05	2241343.02
7	417784.77	2240935.40	Superficie: 28.37 ha		

El proyecto tendrá tres caminos de acceso a los polígonos con el generador fotovoltaico, mismos que tendrán una longitud en conjunto de 0.37 km y 4 m de ancho (Tabla II.6).

Tabla II.6 Coordenadas de los caminos de acceso al generador fotovoltaico

CAMINOS DE ACCESO

Camino-A			Camino-B			Camino-C		
Longitud: 0.12 Km			Longitud: 0.22 Km			Longitud: 0.03 Km		
Vértices	X	Y	Vértices	X	Y	Vértices	X	Y
1	419375.82	2241603.55	1	418342.86	2241455.90	1	418238.60	2241316.00
2	419375.30	2241485.35	2	418122.38	2241456.07	2	418238.67	2241343.48

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos están compuestos por células iguales conectadas eléctricamente entre sí, dispuestas geoméricamente, conectadas en serie/paralelo unas de otras mediante circuitos eléctricos conectados, a su vez, a los polos positivos y negativos de las células de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. El panel cuenta con otros elementos además de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos, asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

Estos elementos son:

- Cubierta exterior de cara al sol. Es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido de hierro.
- Encapsulante. De silicón o, más frecuentemente EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.
- Protección posterior. Igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.
- Marco metálico. De aluminio, que asegura suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el módulo está realizado mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- Cableado y bornes de conexión. Habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.
- Diodo de protección. Su misión es proteger contra sobrecargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento del panel.

Para este proyecto se ha dimensionado una potencia pico de 130,626,000 Wp, formada por 318,600 módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos son de Silicio policristalino, de célula partida (144 células cada uno) fabricados por Canadian Solar, pudiéndose dimensionar con otro modelo de módulos JA Solar, Trina Solar, Hanwha, Jinko Solar., o similar, y tendrán una potencia nominal media de como mínimo 410 Wp. Las dimensiones y características del tipo de modulo a utilizar se muestran en las Figura II.3¹⁰ y Figura II.4¹¹.

El número y modelo de panel fotovoltaico podrá variar en un estado más avanzado del proyecto, dando como resultado un generador fotovoltaico similar al descrito.

Figura II.3 Dimensiones del módulo fotovoltaico HiKu poliperpc module de Canadian Solar

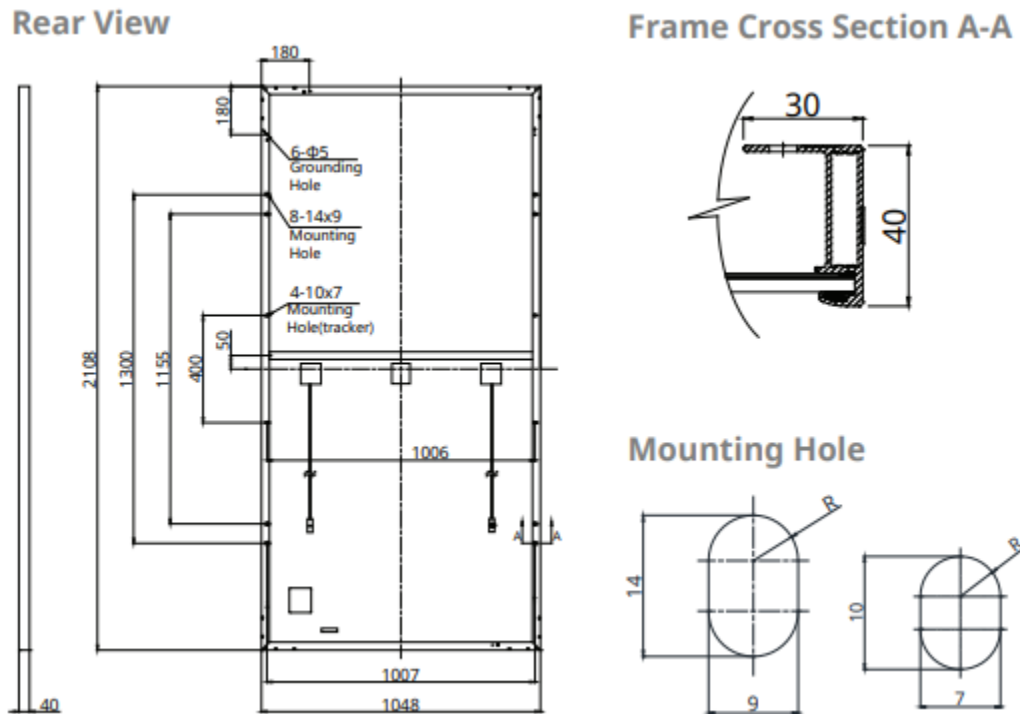


Figura II.4 Características técnicas del módulo fotovoltaico a utilizar (HiKu 410 Wp)

ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A
Module Efficiency	17.88%	18.11%	18.33%	18.56%	18.79%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	20 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 5 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Independientemente de la tecnología fotovoltaica de la que estén ensamblados, es el generador de potencia eléctrica básico que cumplirá con la normativa vigente:

- PROY-NOM-001-SEDE 2018
- PROY-NMX-J-656/1-ANCE-2012
- IEC 61215
- IEC 61730
- UL1703
- CEC Listed
- MSC
- CE
- ISO 9001:2008: Quality management systems
- ISO 14001:2004: Environmental management systems BS OHSAS 18001:2007: Occupational health and safety management systems

Bloques de potencia

La planta fotovoltaica utilizará 17 bloques de potencia Gamesa, o de otro fabricante con características similares, los cuales tendrán como finalidad alojar a los 34 inversores prefabricados con una potencia nominal de 3,321 kVA, que transformarán la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) Figura II.5¹².

Figura II.5 Bloque de potencia Gamesa PV 3750

Cada bloque de potencia estará conformado principalmente por los siguientes elementos:

- 2 Inversores Gamesa o similar PV3750 – 3,321 kVA
- 1 transformador 6,800 kVA, 34.5/ 2X0.600 kV Dyn11yn11
- 1 celda de protección y seccionamiento.
- 1 cuadro de comunicaciones y SS.AA.

El número y modelo de inversor podrá variar en un estado más avanzado del proyecto, dando como resultado un generador fotovoltaico similar al descrito.

Los bloques de potencia cumplirán con la normativa nacional vigente además de las siguientes normas y certificaciones:

- IEC 61683: 1999. Photovoltaic systems. Power conditioners. Procedure for measuring efficiency
- IEC 62109: 2010/2011. Safety of power converters for use in photovoltaic power systems
- Part 1 (General requirements) and Part 2 (Particular requirements for inverters)
- IEC 61000-6-2: 2005. EMC. General standards. Immunity for industrial environments.
- IEC 61000-6-4: 2006. EMC. Generic standards. Emission standards for industrial environments

- IEC 61683: 1999: 1999. Photovoltaic systems. Procedure for measuring efficiency.
- IEC 62116: 2014: 2014. Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of
- Islanding prevention measures.
- N 55011
- ISO: 9001, 14001
- OHSAS 18001
- Flicker Declaration
- THD: Harmonic Current Emissions
- UL 1741-2005,
- IEEE1547-2003, IEEE 1547.1,
- CSI/CEC Performance Testing
- ANSI/IEEE C62.41
- FCC Part 15 A&B
- NEC Article 690, C22. 2 No. 107.1-01(Sept. 2001)

Inversores

La corriente continua producida en el generador fotovoltaico se transformará mediante inversores trifásicos en corriente alterna sincronizada con la red a la que se conecte la planta.

Los inversores cumplirán con la normativa vigente, en particular las normas IEC 61683, IEC 62093 y/o UL 1741 y estarán certificados para cumplir las directivas en materia de seguridad eléctrica y de compatibilidad electromagnética.

Los inversores funcionarán de manera totalmente automática, a partir de la tensión y frecuencia de red, y aportando la máxima potencia posible de los módulos fotovoltaicos (seguimiento del punto de máxima potencia).

Se especificarán los casos de operación en que los inversores dejarán de funcionar o se desconectarán como, por ejemplo, escasa radiación solar, interrupción de suministro de la red de interconexión, tensión y/o frecuencia fuera de rango, exceso de temperatura, etc. Los inversores no funcionarán en isla o modo aislado.

Se han dimensionado 34 inversores de 3,321 kVA cada uno, fabricados por Gamesa, pudiéndose dimensionar con otro modelo de inversores GPTEch, Power Electronics, Ingeteam, Jema, Schneider Electric o similar. Como referencia se incluyen las características típicas aproximadas de estos (Figura II.6¹³).

Figura II.6 Especificaciones técnicas del inversor Gamesa PV3750

	Gamesa Electric PV 3750	
	Standard	HTD
Input (DC)		
DC Voltage Range	915-1500 V	
DC Voltage Range MPPT	915-1300 V	
DC Maximum Voltage	1500 V	
Max. DC Current @25°C	2 x 2070 A	
Max. DC Current @50°C	2 x 1990 A	2 x 2070 A
Max. DC Current @55°C	2 x 995 A	2 x 2070 A
Max. DC Current @60°C	-	2 x 1035 A
DC/AC Ratio	1.60 (Up to 2 upon request)	1.55 (Up to 2 upon request)
Number of DC Ports	Up to 24 fuse +/- monitored Up to 36 fuse + monitored	
Output (AC)		
Number of Phases	Three-phase	
Nominal AC Power @25°C	3750 kVA	
Nominal AC Power @50°C	3600 kVA	3750 kVA
Nominal AC Power @55°C	1800 kVA	3750 kVA
Nominal AC Power @60°C	-	1875 kVA
Nominal AC Voltage	660 Vrms	
AC Power Frequency	50/60 Hz	
THD of AC Current	< 1% @Sn	
Power Factor Range	Any	
Performance		
Max. Efficiency*	99.0%	
Euro-Efficiency*	98.8%	
Californian-Efficiency*	98.6%	
Stand-by Power Consumption*	< 200 W	
Energy Production from	0.5% Pn approx.	
General Data		
Temperature Range - Operation	-20°C/+60°C	
Maximum Altitude**	2000 m (without derating)	
Cooling System	Liquid + forced air cooling	
Protection Class	IP54, NEMA 3R (IP65 as optional)	
Dimensions (W/H/D)	3508 x 2250 x 1022 mm	
Power Density @25°C	465 kVA/m ³	
Power Density @50°C	446 kVA/m ³	465 kVA/m ³
Weight	3500 kg	

El sistema fotovoltaico contará con un sistema de puesta a tierra del polo negativo. Se utilizará una protección de sobre corriente denominada GFDI (fusible), conectada al polo negativo. Si existe una falta en el polo no aterrado, la corriente de fuga fluirá a través del GFDI hacia el polo aterrado, abriendo el GFDI. Esta apertura de circuito interrumpirá la corriente de fuga (ya no estará aterrado), evitando daño en el sistema. Si se produce un fallo en el polo aterrado, la corriente volverá al generador

El GFDI también tendrá un relé que cortará la generación del inversor hasta que el defecto de aislamiento vuelva a ser corregido. La corriente máxima de tierra debe ser de 5 A. Dicho sistema seguirá la normatividad de lo dispuesto en PROY-NOM 001-SEDE 2018.

Transformador BT / BT / MT

Cada bloque de potencia utilizará 1 transformador de potencia 6,800 kVA, 34,500 VAC / 100 VAC / 600 VAC, Dyn11yn11 o con el grupo de conexiones adecuado en función del número de inversores del bloque de potencia.

Los transformadores de potencia de bloques de potencia elevarán la tensión de baja tensión a 34.5 kV y se interconectarán en una red interna en Media Tensión. Los inversores se interconectarán a un transformador, que será por tanto de dos devanados, uno en MT y otro en BT. El transformador será de pérdidas reducidas, seleccionado para reducir al máximo posible las pérdidas eléctricas en el mismo con un nivel máximo del 1,0%.

Cada transformador dispondrá de depósito de aceite, filtro y relé de protección DGPT2 de sobrecalentamiento, sobrepresión y nivel de aceite.

Celdas de protección y seccionamiento MT

Las celdas de MT serán de 34.5 kV con nivel de aislamiento a 38 kV. Cada grupo de celdas de MT se conectará con el del campo adyacente de la Planta mediante una línea de 34.5 kV situada dentro de los Límites de la Planta. Las celdas de MT contarán con todas las protecciones (interruptor de línea con corte en carga e interruptor automático para protección del trafo), equipos auxiliares y maniobras necesarias para el correcto seccionamiento de cada subcampo. Las funciones de estas protecciones vienen detalladas en los diagramas unifilares de baja y media tensión.

Las celdas de protección tendrán el cometido de unir los bloques de potencia a los radiales de Media Tensión, y de esta manera, evacuar toda la potencia de la planta. Las celdas de protección tendrán un Interruptor automático, un fusible y un seccionador asociados, y estarán diseñadas para aguantar una tensión máxima de aislamiento de 38 kV.

Las celdas de media tensión deberán ser fabricadas por marcas líderes en el sector, como las que se enumeran a continuación Ormazabal, ABB, Schneider Electric, Siemens, General Electric o similar.

Sistemas auxiliares y cuadros de protección

Los sistemas auxiliares serán alimentados por un transformador auxiliar BT / BT, localizado dentro de cada contenedor del bloque de potencia. Este transformador será conectado al cuadro principal de baja tensión y tendrá una potencia de 30 kVA. Además, se conectará una UPS de 20 kVA para 6 minutos de autonomía o similar, para protección de los trackers ante cualquier problema.

Seguidores solares o Trackers

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre una estructura metálica con seguimiento solar para maximizar la irradiación solar en el plano de los módulos fotovoltaicos, así como la producción eléctrica.

Las estructuras cumplirán los códigos de construcción y estándares de aplicación según la normativa nacional, además de cumplir con las certificaciones OHSAS18001:2007, ISO 9001:2008, ISO 13001:2004, IEC 62817:2014, UL 37031741 y IF 150327. Los cálculos estructurales serán realizados teniendo en cuenta que la estructura será sometida a las acciones exteriores de acuerdo con la Normativa de aplicación, las sobrecargas debido al peso propio, a la nieve, por viento y carga sísmica, que se puedan dar en el emplazamiento.

Para este proyecto se ha seleccionada una estructura con seguimiento sobre un eje horizontal E-O tipo monofila, pudiéndose instalar multifila en caso necesario, fabricados por NCLAVE, pudiéndose dimensionar con otro modelo de seguidores PV Hardware, Gonvarri, Grupo Clavijo, NexTracker, Soltec o similar.

Las características técnicas de los seguidores a utilizar son:

- Alineaciones dirección Norte-Sur, para seguimiento horizontal (Este-Oeste).
- Separación entre filas de seguidores (pitch): 13,0 m en la medida de lo posible, considerando un ratio GCR < 0.4
- Inclinación variable E-O $\geq \pm 60^\circ$ y un acimut de 0° dirección norte-sur.
- Dispondrá de funcionamiento con backtracking.
- Dispondrá de anemómetros para medir la velocidad del viento en caso de fuertes vientos y protección contra sobrecargas del motor y ejes.
- El sistema de monitorización incluirá posición de cada seguidor e interfaz de monitorización.
- El sistema de control estará basado en un algoritmo astronómico y de programación astronómica de PLC con opción de backtracking y seguridad contra viento activa, incluso para trackers a diferentes alturas.
- Los trackers poseerán un sistema de control vía Wireless (Tipo Zigbee o similar).

Los trackers serán autoalimentados por un sistema de control provisto con un motor con reductora. Los trackers se conectarán a switches en los bloques de potencia, enlazándose así con la red de la planta fotovoltaica y el anillo de fibra óptica. La planta solar fotovoltaica tendrá 3,540 seguidores solares a un eje. Este seguidor permite colocar hasta 90 módulos encima de su estructura. La configuración de los módulos serán dos filas en vertical. Los módulos se fijan a las secciones de las barras usando tornillos y abrazaderas disponibles (Figura II.7¹⁴).

El número y modelo de seguidor podrá variar en un estado más avanzado del proyecto, dando como resultado un generador fotovoltaico similar al descrito.

Figura II.7 Ejemplo del seguidor solar o tracker

Todos los elementos de metálicos que componen la estructura del tracker (postes, vigas, barras, etc.) serán de acero S355JR, S275JR o de características similares dependiendo del elemento estructural, y cumplirán con la norma “EN ISO 1461:2009” o “ASTM A123/A123M-15” para el tratamiento de la superficie de acero galvanizado por inmersión en caliente que deberá ser tal que evite la corrosión para los 30 años de vida útil de la planta.

No habrá soldaduras o cortes en el lugar, una vez que las conexiones son atornilladas. Las tuercas y tornillo serán galvanizadas en caliente de acuerdo con la EN-ISO 1461, y las grapas serán fabricadas en acero inoxidable. Por último, un elemento para el aislamiento es incluido para colocarlo entre el marco de aluminio del panel y la estructura galvanizada para evitar el par galvánico (corrosión).

En caso necesario se podrán dimensionar estructuras de aluminio, que deberán cumplir la Normativa de aplicación y estar anodizadas con el objeto de que el seguidor tenga una vida útil superior a los 30 años.

El sistema de monitorización incluirá posición de cada seguidor e interfaz de monitorización.

- El sistema de control estará basado en un algoritmo astronómico y de programación astronómica de PLC con opción de backtracking y seguridad contra viento activa, incluso para trackers a diferentes alturas.
- Los trackers poseerán un sistema de control vía Wireless (Tipo Zigbee o similar).

Los trackers deberán ser diseñados ante criterios de cargas de viento estáticas y dinámicas:

- Cargas estáticas
- Cargas dinámicas
- Efectos Aero elásticos
- Turbulencias e interacciones de viento

- Respuesta dinámica de la estructura (resonancias y giros producidos por la acción del viento), fluttering y galloping.

El fabricante de trackers deberá acreditar que ha evaluado todos estos parámetros en el diseño del tracker para la localización del proyecto.

El fabricante de trackers deberá llevar a cabo pruebas de túnel de viento para obtener los parámetros aerodinámicos necesarios de maquetas a escala, para la implementación de métodos de cálculo que proporcionen una respuesta realista bajo la acción del viento.

- Prueba de presión de túnel de viento: Maquetas rígidas para obtener coeficientes de carga de viento estático para varias filas de seguidores. Estos coeficientes se combinarán con Factores de Amplificación Dinámica para considerar la carga resonante. No hará falta considerar cargas inerciales y fuerzas auto excitantes
- Maquetas seccionales que pueden moverse por acción del viento para obtener las derivadas aerodinámicas (inercia y amortiguación) que permitan obtener un conocimiento preciso de las fluctuaciones de turbulencia y el movimiento del seguidor. Esto se combinará con modelos numéricos para obtener Métodos de análisis de fluttering (FAM) y buffeting (BAM).

Instalación eléctrica

El cableado se realizará de acuerdo con lo especificado en las normatividad nacional e internacional que se deben tomar en cuenta para el diseño de cableados de instalaciones fotovoltaicas:

- PROY-NOM-001-SEDE-2018 “Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas”
- IEC International Electrotechnical Commission
- IEC EN 50618:2014 (Baja tensión)
- IEC 60840 / ASTM (Media tensión)
- IEC 60502-1 (240 V, motores)
- IEC EN 60228
- EN 50618:2014
- EN 60332-1-2
- IEC EN 60216-1
- EN 50267-2-1 / EN 50267-2-2
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- IPCEA Insulated Power Cable Engineers Association
- ISO International Standardization Organization
- CFE Comisión Federal de Electricidad
- SENER Secretaría de Energía
- CRE Comisión Reguladora de Energía
- ANCE Normas Mexicanas de la Asociación de Normalización y Certificación del sector eléctrico

- NMX-J451-ANVE-2011 (baja tensión)
- NMX-J-142-ANCE-2011 (media tensión)

Cableado de baja tensión

Baja tensión (BT o LV)

Cableado DC

El dimensionado de la Planta FV se ha realizado para trabajar a máximo 1,500 VDC. Se consideran tres tipos de tramos de corriente continua:

Cableado 1 DC

Este cable discurre a lo largo del string, desde el módulo fotovoltaico hasta la conexión del string con los otros strings.

El cableado 1 DC conecta 30 módulos en serie, creando un string.

El cableado de nivel 1 será: SOLAR Cu PV1 –F 0,6/1 kV AC (1,8 kV DC), 4 mm². Unipolares para todos los circuitos que componen la instalación, instalados al aire y unidos entre sí con conectores MC4.

Cada panel tiene una unión en la trasera con 4 mm² de cable y MC4 o tipos compatibles de conectores, para conectar entre sí los módulos. Los paneles están conectados en grupos de 30 en serie.

Cableado 2 DC

Cada estructura tendrá tres (3) strings, de los cuales dos se unirán mediante conectores “Y” y la tercera se unirá con el string suelto del tracker adyacente. Dos cables positivos y dos negativos se conectarán desde dicho conector hasta las cajas de conexión.

El cableado de nivel 2 seleccionado para este proyecto es el “Topsolar ZZ-F/H1Z2Z2-K, apto para instalaciones fotovoltaicas, muy flexible e instalable en intemperie. Este cableado tendrá aislamiento de 1 kV (1,8 kV DC), conductor de cobre electrolítico, temperatura máxima de conductor 120 °C, 250°C 5 segundos, temperatura mínima de conductor -40°C y cubierta exterior libre de halógenos de color negro o roja.

El cableado será unipolar, libre de alógenos (cubierta PVC y aislamiento XLPE), 0,6/1 kV AC (1,8 kV DC), 6 mm² a 25 mm², dependiendo de la distancia entre el conector “Y” hasta las cajas de conexión.

Cableado 3 DC

Este cable discurre desde las cajas de conexión hasta los inversores de potencia enterrados en zanjas. El cableado de nivel 3 será unipolar, RV-Al (cubierta PVC y aislamiento XLPE), 0.6/1 kV AC (1,8 kV DC), conductor de aluminio clase 2 (IEC 60228). En función de la distancia desde la caja de conexión hasta el inversor de potencia, el cable tendrá una sección entre 50 mm² y 240 mm². Los cableados entre cajas de nivel 1 e inversores tendrán un voltaje nominal de 1 kV AC / 1.8 kV DC, temperatura máxima de conductor: 90°C / 250 °C (5 segundos) y temperatura mínima de servicio -40°C.

Dentro de sus características está el material, ya que será de aluminio, evitará la propagación de llamas, será resistente al agua y a la radiación ultravioleta, así como tendrá una

reducida emisión de halógenos (< 15 %). La cubierta del conductor debe ser del tipo XLPE de acuerdo con IEC 60502-1, mientras que la cubierta exterior deberá ser flexible, resistente a UV, de PVC, tipo ST2 de acuerdo con IEC 60502-1, de color negro. La planta fotovoltaica se diseñará para que tenga como máximo 1.2% de pérdidas DC (condiciones STC).

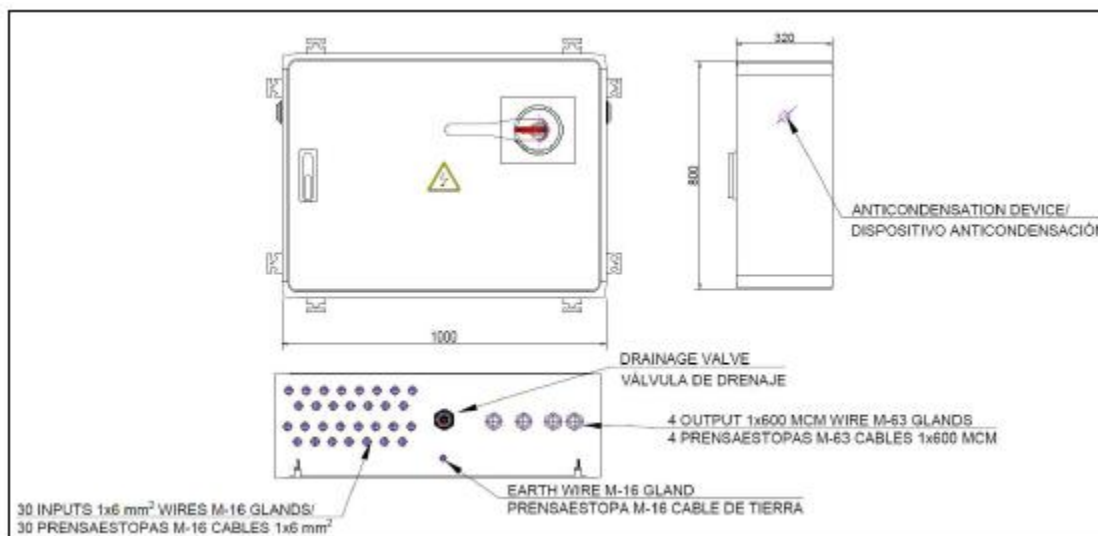
Cajas de conexión

Las cajas de conexión CB, facilitan el agrupamiento de series de paneles con protecciones y supervisión de la corriente de cada serie (Figura II.8).

Las cajas de conexión en DC tienen un grado de protección IP 65 y se unen en un cable múltiple DC nivel "2". Estas cajas de conexión contienen dispositivos de protección. El cableado 2 DC (que viene del campo solar) está conectado a los terminales de entrada y el cableado DC 3 (que va a la entrada de los inversores) está conectado a los terminales de salida.

- Se ha considerado monitorización en las cajas de nivel 1, conectarán 15 cables DC 2 (15 cables positivos y 15 cables negativo) en paralelo (cada cable DC 2 unirá 2 strings).
- Cada interconexión en paralelo tendrá un fusible de 30 A, 1.500 VDC para protección en el polo positivo.
- Monitoreo de strings
- Seccionador del interruptor de DC en carga en la salida del cable de la caja de conexiones
- Protección contra sobretensiones, fácil sustitución en caso de fallo.
- Armario de poliéster de un solo bloque IP66 para instalación en exteriores.

Figura II.8 Caja de conexión



La entrada y salida de cables se realiza en la parte inferior del equipo que contarán con prensaestopas IP68 de varios diámetros que garantizan la estanqueidad de la caja, para entradas de series de paneles, salidas de positivo y negativo de la caja al inversor, así como la salida del cable de TT.

Las cajas CB se instalarán fijas en la propia estructura de soporte de los paneles. La entrada y salida de cables se realizará por la parte inferior. Las cajas serán siempre colocadas debajo de la estructura soporte de los paneles, en la parte trasera, de tal modo que siempre estarán protegidas de la radiación solar directa.

Las cajas de nivel deberán disponer de los siguientes equipos para monitorización:

- CPU para monitorización (Renovagy CPU MAIN 5790), registro y control de parámetros medidos. La CPU propuesta es un microcontrolador 32 bits:
- Módulo de sensor de voltaje (HIGH-VOLTAGE 4690 Sensor Module)
- Módulo de sensor de voltaje (HIGH-VOLTAGE 4690 Sensor Module)
- Módulo de sensor de corriente (CURRENT 7690 Sensor Module):
- El sistema de comunicación deberá tener una interfaz Modbus TCP/IP, dos Modbus RTU y 1 wireless.

La interfaz de comunicaciones será Wireless Banda ISM bajo normativa europea (ETSI EN-300-200) o americana (FCC PART 15). Las características principales del sistema son banda de frecuencias: 868-920 MHz, velocidad de comunicaciones: 76.80 kbps y distancia: 250 m.

Media tensión (MV o MT)

Las características de esta red serán tensión Nominal: 34.5 kV, tensión Máxima: 38 kV (165 kV de cresta a impulso tipo rayo y 70 kV eficaces a frecuencia industrial durante 1 minuto), frecuencia: 60 Hz y de 3 fases.

Cableado Media Tensión

La planta fotovoltaica tendrá una red de evacuación en media tensión (MT) para conectar las diferentes zonas de la planta solar con la subestación elevadora.

La configuración de la red de media tensión interna es de tipo radial, con un voltaje nominal 34.5 kV. $\pm 10\%$. Cada bloque potencia en media tensión se conectará con el del campo adyacente mediante una línea de 34.5 kV.

Para esta planta fotovoltaica se tienen planeados 17 bloques de potencia, cada uno con dos inversores. Se tendrán circuitos radiales, los cuales irán uniéndose en paralelo power blocks asociados a cada circuito, y a su vez estarán conectados en paralelo en el centro de control de la subestación de elevación, en 34.5 kV.

Los conductores seleccionados serán tipo AWG ("American Wire Gauge"). El cable seleccionado será RHZ1 Al 20/45 kV de 3 fases con unas secciones que variarán desde 250 a 600 mm² AWG (Figura II.9¹⁵).

Figura II.9 Características de los cables RHZ1 (MT)



La planta fotovoltaica será diseñada para unas pérdidas de potencia máximas de 1 % en condiciones nominales de la instalación (a máxima potencia).

Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra se instalará de manera que limite el efecto de gradientes de potencial a tierra a tales niveles de voltaje y corriente que no ponga en peligro la seguridad del personal o equipos en condiciones normales y de falta. El sistema también garantizará la continuidad del servicio.

La puesta a tierra se establece con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales utilizados.

La puesta a tierra consistirá en un cable de tierra en anillo (horizontal) a modo de electrodo, donde se irán interconectando las estaciones de potencia. Estas estaciones de potencia utilizarán picas de tierra para conectar las partes metálicas a tierra. Esto consigue valores de resistencia por debajo de 10 Ohm, de manera fácil y efectiva

El cable de tierra será del tipo cobre desnudo y 50 mm² de sección. Este cable será instalado alrededor de los bloques de potencia y de todas las partes metálicas de la estructura serán conectadas.

La instalación consistirá en enterrar un conductor con el propósito de unir todas las conexiones de la instalación a tierra para lo cual se utilizará un cable de cobre de 35 mm², mismo que deberá estar en todas las zanjas de media y baja tensión del proyecto. Los puntos de conexión a tierra se encontrarán en las cajas de conexión estructuras y en la estructura de las estaciones meteorológicas.

Todos los equipos de baja tensión, masas y estructuras metálicas serán puestos a tierra, la instalación deberá tener una resistencia de puesta a tierra de menos de 5 Ohm en todas las sub-

plantas (bloques de potencia). Si no se consigue este valor en todas las sub-plantas, habrá que instalar más varillas. La resistencia se medirá anualmente cuando el terreno esté seco.

Puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos y los trackers

El campo fotovoltaico usará una configuración de polo negativo conectado a tierra. La continuidad con tierra se garantizará rompiendo el anodizado del marco de aluminio de los módulos fotovoltaicos gracias a una arandela dentada (DIN 6798J) que interconectará el módulo fotovoltaico con la estructura y con la tierra de la instalación. La instalación deberá cumplir con la normativa UL 2703.

Medida de energía

La medida de la energía generada será realizada en 230 kV y el equipo de medida fiscal cumplirá con todas las recomendaciones e indicaciones de la compañía distribuidora CFE. Se medirá en equipos principales y redundantes, y cada equipo de medida fiscal incluirá transformadores de tensión inductivos (TT) (clase de precisión 0.2), transformadores de intensidad (TI) (clase de precisión 0.2), contadores de energía bidireccionales (clase de precisión 0.2 para energía activa y 0.5 para energía reactiva) y telemedida, equipos de comunicación (puertos Ethernet).

Cada punto de medición de energía eléctrica se tendrá en la parte 230 kV en la entrada de línea de la Subestación de Maniobras.

Conexión a la red

Los componentes de la infraestructura de interconexión son:

- Subestación de Maniobras 230 kV.
- Subestación de Elevación 34.5 kV / 230 kV
- Línea de transmisión desde subestación de elevación a subestación de maniobras

En esta zona se tienen dos líneas eléctricas de CFE una de 400 kV y otra de 230 kV se requiere seccionar esta última de 230 kV (Figura II.10) para interconectar la planta fotovoltaica al sistema eléctrico (Figura II.11).

Figura II.10 Esquema simple de la localización del proyecto y de las dos líneas de la CFE

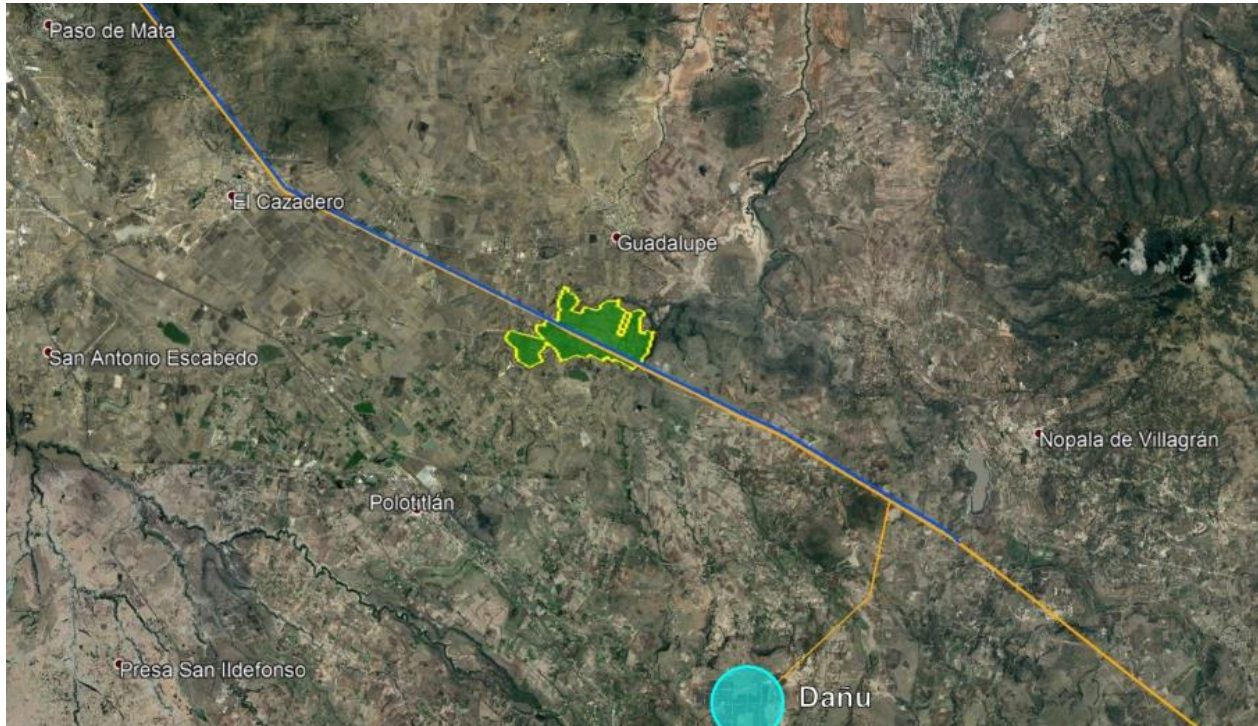
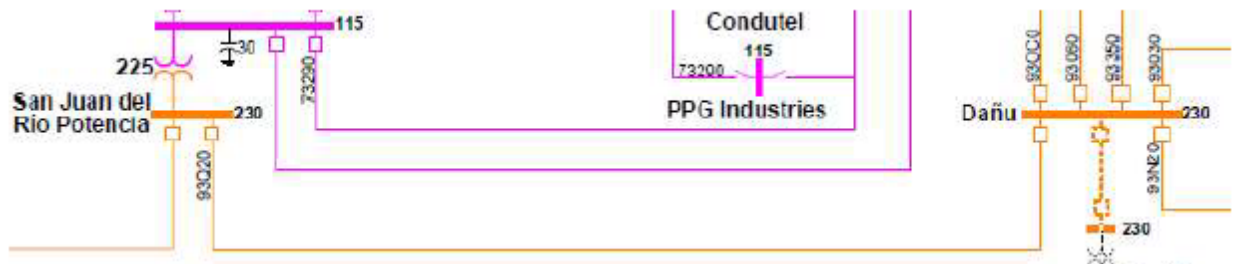
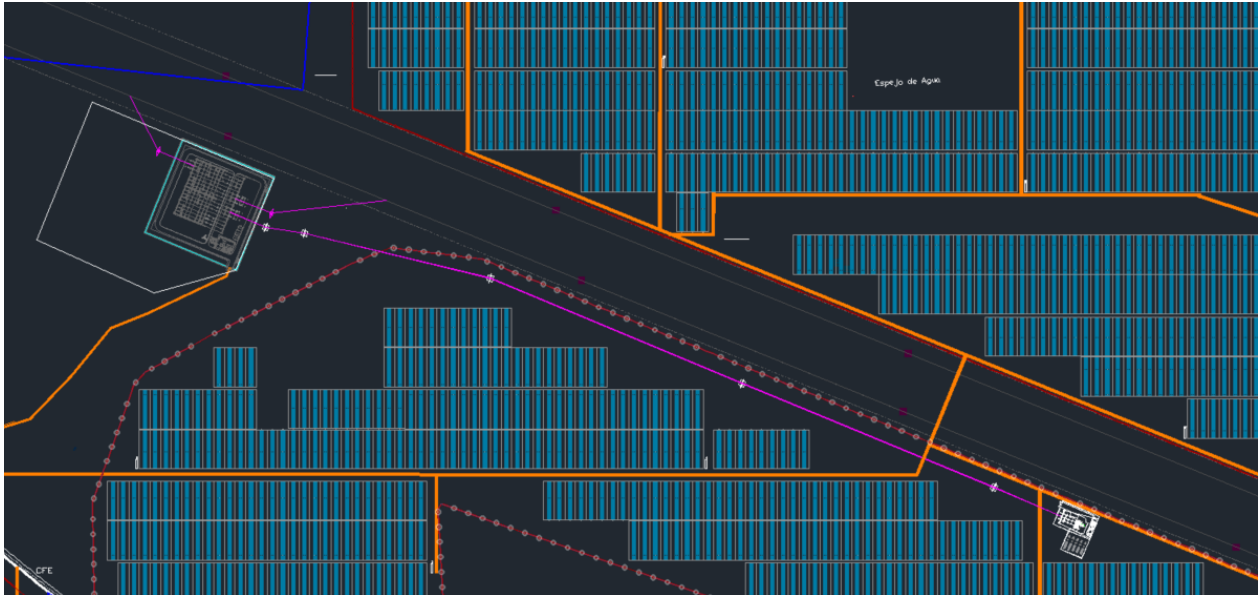


Figura II.11 Extracto del diagrama de red eléctrica México (Alta tensión)



La planta fotovoltaica tendrá un punto de interconexión (POI). Se ejecutará el seccionamiento de la línea de 230 kV para la evacuación de la energía de la planta fotovoltaica a la red eléctrica.

El circuito que evacua la energía producida por la planta fotovoltaica tendrá una longitud aproximada de 1.09 km desde la SE Elevación hasta SE Maniobras. La subestación de maniobras estará contigua a línea de 230 kV de CFE (Figura II.12), y la longitud de las líneas que conectarán la SE Maniobras con la línea de CFE de 230 kV existente sumarán una longitud aproximada de 310 m.

Figura II.12 Configuración LT entre SE Elevación y SE Maniobras

La potencia nominal o contratada de la Planta FV será de 100.00 MWac en el punto de interconexión (POI). Dicha potencia nominal será limitada por el Power Plant Controller (PPC) para inyectar en la red una potencia activa de 100 MWac como máximo, pudiendo ser superior de forma puntual de acuerdo con la tolerancia autorizada por la compañía eléctrica. Esta potencia nominal o contratada se alcanzará en determinadas condiciones de irradiación, temperatura, y degradación de la potencia pico (la degradación natural de los módulos irá aumentando anualmente hasta disponer en el año 25 del 80-82% de la potencia pico garantizada por el proveedor de módulos). La variabilidad de las condiciones ambientales cambiantes (irradiación, temperatura, etc.) harán que la potencia activa medida en el POI no sea constante a 100 MWac, por lo que para acreditar que la potencia instalada en la Planta es 100 MWac se considerará la suma de las potencias activas nominales indicadas en la placa de características de los inversores instalados al Factor de potencia de diseño, y descontando las pérdidas eléctricas hasta llegar al POI.

EL PPC será el encargado de gestionar las funciones dinámicas y el balance entre generación activa y potencia reactiva; y recibirá los valores de consigna de la gestión de red y calculará los valores de ajuste necesarios y los transmitirá a los inversores centrales y demás equipos de compensación dinámica de potencia reactiva, si los hubiera.

La red de Alta Tensión posee una tensión Nominal: 230 kV, tensión Máxima: 245 kV (1,050 kV de cresta a impulso tipo rayo), frecuencia: 60 Hz \pm 1%, 3 número de fases y un nivel de cortocircuito para el material: 50 kA.

Subestación de Maniobras

La subestación de maniobras tendrá una superficie de 4.185 ha y se ubicará en las coordenadas latitud: 20°16'20.07"N, longitud: 99°46'50.99"O (Tabla II.7).

Tabla II.7 Coordenadas de ubicación de la subestación de maniobras

Vértices	X	Y
1	418,553.37	2,241,817.13
2	418,330.57	2,241,910.22
3	418,262.97	2,241,741.68
4	418,406.62	2,241,677.57
5	418,506.24	2,241,704.41
Superficie: 4.185 ha		

La subestación de maniobras tendrá un camino de acceso con una longitud de 0.48 km, y un ancho de derecho de vía de 4 m (Tabla II.8).

Tabla II.8 Coordenadas de ubicación del camino de acceso a la subestación de maniobras

Vértices	X	Y
1	418099.11	2241474.91
2	418254.21	2241523.12
3	418304.43	2241575.50
4	418353.29	2241634.12
5	418399.17	2241652.47
6	418494.17	2241697.62
7	418498.52	2241707.00

Esta subestación tendrá un arreglo que permita asegurar una alta maniobrabilidad y disponibilidad del sistema. Esta subestación contará con dos bahías en 230 kV para la llegada de las líneas de CFE (una bahía en 230 kV para la llegada de la línea construida por Alten desde la SE elevación hasta la SE Maniobras y otra bahía en 230 kV para el interruptor de transferencia).

La línea de 230 kV desde apertura hasta subestación de maniobras deberá usar conductores tipo ACSR, calibre 1113 kCM y dos conductores por fase.

La línea construida por Alten desde SE Alten-Hidalgo Elevación hasta SE Maniobras tendrá al menos un conductor por fase, y tipo de conductor ACSR, calibre kCM por definir.

En la Figura II.13 se puede observar el arreglo eléctrico del proyecto incluyendo el punto de Interconexión SE Alten Maniobras.

Figura II.13 Arreglo eléctrico del proyecto con la SE de Maniobras



La subestación de maniobras se alimentará mediante sistemas redundantes, su alimentación principal desde transformador de tensión en barras 230 kV, contará también por un generador diésel como sistema de alimentación redundante, así como alimentación secundaria mediante línea de media tensión desde subestación cercana a la planta.

La subestación de maniobras cumplirá con la normatividad nacional, con los estándares de la CFE así como con normatividad internacional.

Subestación Elevadora

La subestación elevadora tendrá un área aproximada de 0.22 ha y se ubicará en las coordenadas latitud: 20°16'6.54"N y longitud: 99°46'13.52"O (Tabla II.9). Se aclara **que la superficie de este componente se encuentra considerada dentro de los polígonos con el generador voltaico (312.12 ha)** ya que estará localizada dentro del mismo.

Tabla II.9 Coordenadas de ubicación de la subestación de elevación

Vértices	X	Y
1	419,516.59	2,241,423.64
2	419,561.81	2,241,404.77
3	419,540.37	2,241,353.41
4	419,514.58	2,241,364.64
5	419,523.38	2,241,387.21
6	419,504.65	2,241,395.03
Superficie: 0.22 ha		

Línea de transmisión y líneas de interconexión

La planta fotovoltaica evacuará toda la energía a través de la subestación de maniobras. Se construirá una línea de transmisión en 230 kV entre la Subestación de Elevación y la subestación de Maniobras, dicha línea tendrá una frecuencia del sistema de 60 Hz, tensión nominal del sistema de 230 kV, tensión máxima de operación de 230 kV, un circuito trifásico, un

conductor por fase, el tipo de conductor aéreo será Bluejay ACSR/AS y se utilizará el tipo de cable de guarda 1 CGFO y 1 CG.

Como se mencionó anteriormente en este capítulo la longitud de línea entre la subestación de elevación y la subestación de maniobras será de 1.09 km, teniendo un derecho de vía de 36 m (18 m a cada hombro de la línea), contando con aproximadamente 5 torres de tendido. La longitud de líneas de entronque al sistema eléctrico será de 310 m contando con 2 torres de tendido de cable (Tabla II.10, Tabla II.11 y Tabla II.12).

Tabla II.10 Coordenadas de ubicación de la línea de transmisión

Vértices	X	Y
1	418,543	2,241,757
2	418,590	2,241,750
3	418,817	2,241,695
4	419,125	2,241,567
5	419,433	2,241,440
Longitud: 1.09 km		

Tabla II.11 Coordenadas de ubicación de las torres de la línea de transmisión y líneas de interconexión

Torres	X	Y
1	419,433	2241,440
2	419,125	2241,567
3	418,817	2241,695
4	418,590	2241,750
5	418,543	2241,757
6	418,549.55	2241,774.15
7	418,411.45	2241,850.25

Tabla II.12 Coordenadas de la ubicación de las líneas de interconexión

Conexión CFE -1		
Vértices	X	Y
1	418690.20	2241789.71
2	418619.87	2241781.93
3	418549.55	2241774.15
4	418506.00	2241792.01
Longitud: 0.19 Km		

Conexión CFE-2		
Vértices	X	Y
1	418376.64	2241917.45
2	418394.05	2241883.85
3	418411.45	2241850.25
4	418455.00	2241832.38
Longitud: 0.12 Km		

Componentes auxiliares del proyecto

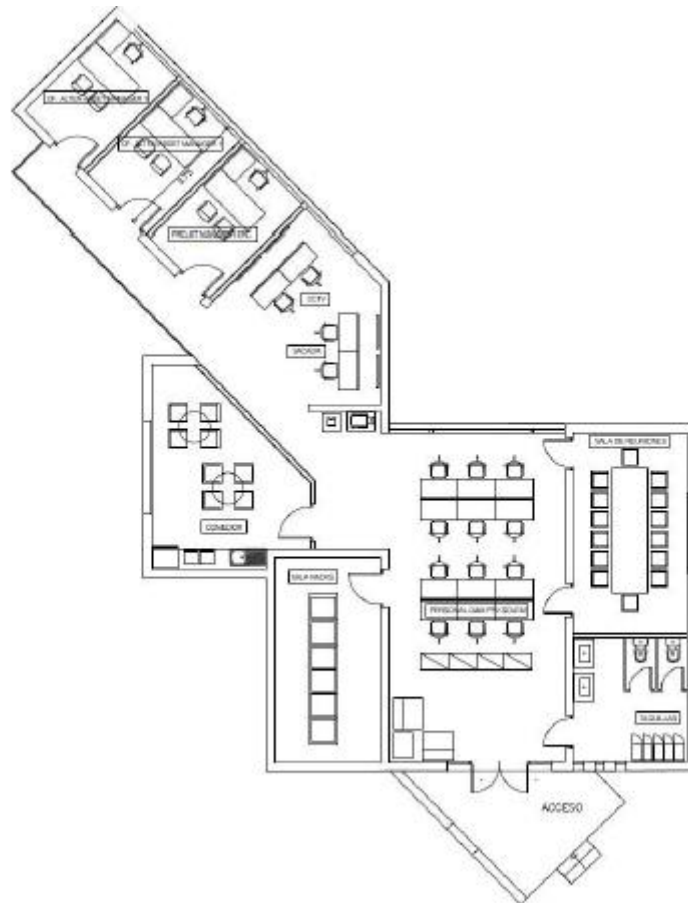
Edificio de control

La planta fotovoltaica contará con 1 edificio y una sala de almacenamiento de equipos en operación y mantenimiento.

El edificio de control principal dispondrá una zona de oficinas del personal. El diseño del edificio y su cimentación al terreno se hará según la legislación local y nacional aplicable. El tamaño del edificio y el número y configuración de las habitaciones y aseos será función del número de personas asignadas a la Planta. El edificio de control previsto tiene un área de aproximadamente 228 m² y un perímetro de 82 m.

El edificio estará equipado por un sistema de control y monitorización, sala de oficina y reuniones, instalaciones de fontanería y saneamiento, instalación de calefacción y A.C.S, vestidores, sanitarios conforme a la legislación aplicable y suficiente para el número de empleados asignados a la Planta, contará con equipo antiincendios. Para una mejor visualización en se muestra la planta del edificio de control (Figura II.14).

Figura II.14 Vista de planta del edificio de control



Sala de celdas de la SE de elevación

El edificio de control en la subestación de elevación dispondrá de sala de control, sala de baterías, sala de celdas y sala para Trafo de SSAA y grupo electrógeno

El edificio de la subestación de elevación contará con aproximadamente 350 m².

Sala de celdas de la SE de maniobras

Esta sala tendrá las mismas características descritas de la sala de celdas de la SE de elevación, sin embargo, solo dispondrá de 260 m².

Zona de almacenamiento de la planta fotovoltaica

Además, se construirá una zona almacén, cerca del edificio de control y/o de la SE Elevación, con un área de aproximadamente 100 m² donde se ubicarán las piezas de repuesto del proyecto y los equipos eléctricos y de instrumentación y control. Además, se contará con una zona de aproximadamente 0,5 ha para almacenamiento en el exterior, pudiendo contar con contenedores exteriores.

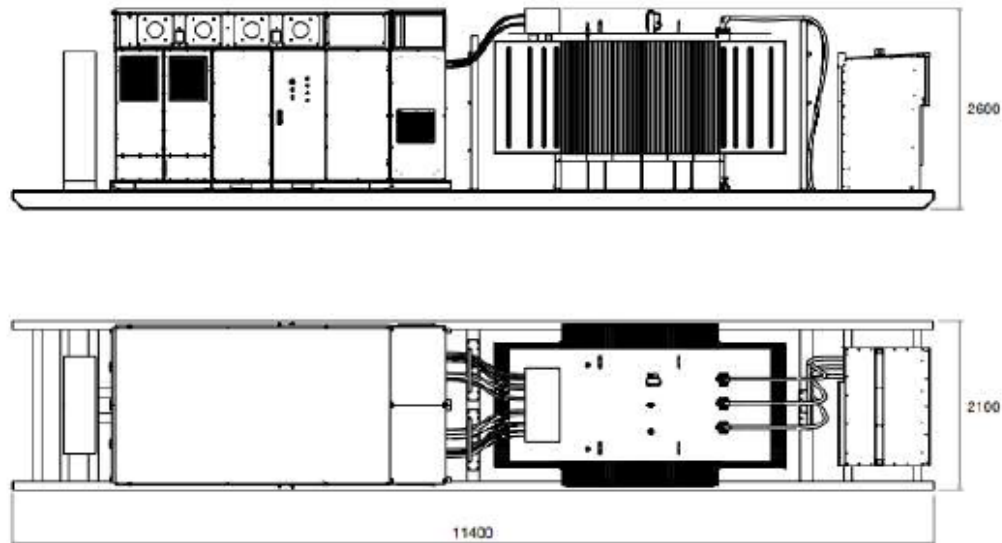
Caseta de vigilancia

La planta fotovoltaica contará con al menos una caseta de vigilancia para control de acceso que medirá entre 6 m² y 25 m² aproximadamente.

Estación de potencia

En esta estación de potencia se instalan dentro los dos inversores, las celdas y el transformador (Figura II.15). Dicho componente cumplirá con todas las legislaciones aplicables para estos proyectos (internacionales y específicas para México), incluyendo las regulaciones eléctricas y de edificios, las de distancias libres interiores entre aparatación eléctrica, legislación contra incendios, etc. Este edificio estará provisto de servicios auxiliares como iluminación, ventilación y equipos de seguridad, entre otras cosas.

Figura II.15 Vista de bloque de potencia de MT



Vialidades y áreas de estacionamiento

Las vialidades serán diseñadas para tráfico pesado, como camiones y grúas.

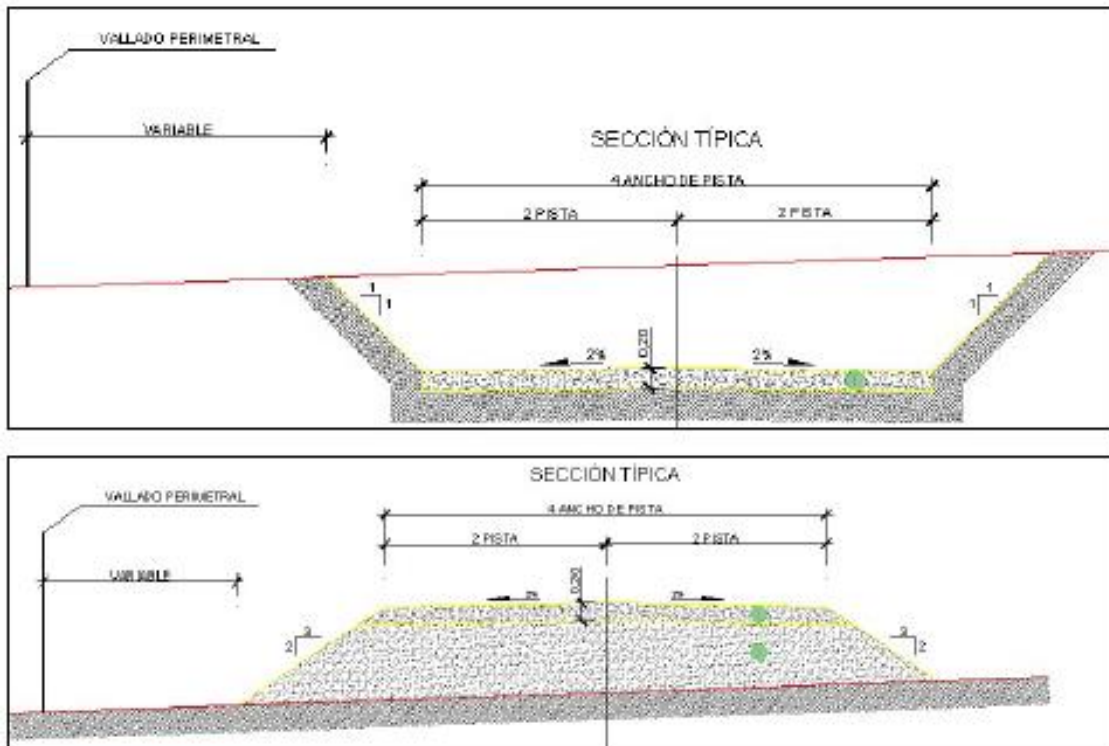
También se considera una zona de estacionamiento con capacidad de al menos 15 vehículos, ubicada en las cercanías del edificio de control y lo más cerca posible del vial de acceso a planta que se haya establecido en cada caso.

En el proyecto se estima aproximadamente vialidades internas de aproximadamente 10.2 km de longitud y aproximadamente 3.6 Ha de área total (Figura II.16).

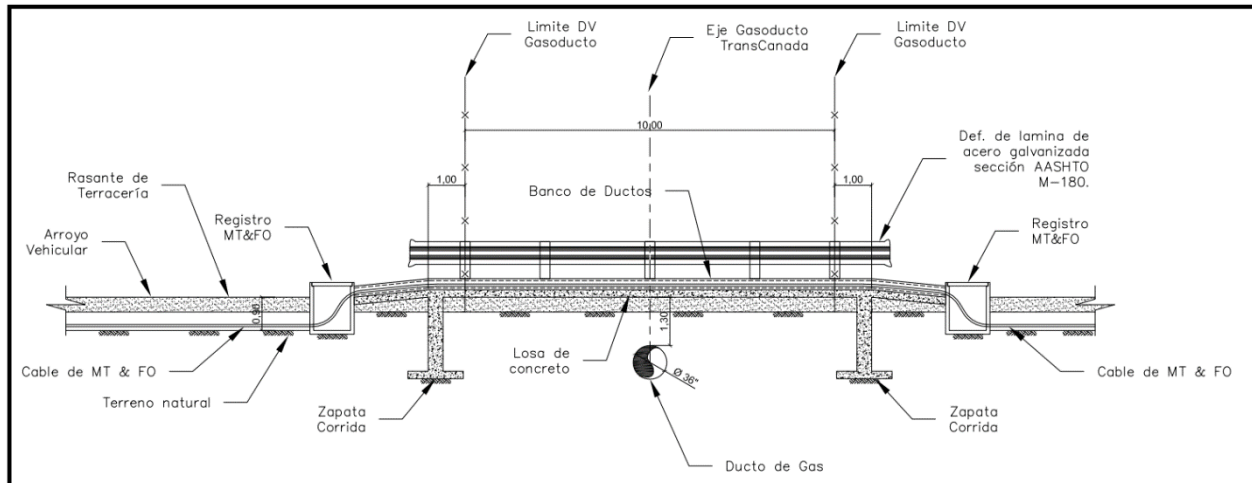
El proyecto también dispondrá de vialidades externas para el acceso a los distintos polígonos desde la carretera estatal y para la interconexión de los polígonos:

- Interconexión polígonos (Camino A): 120 m y 6m de ancho de superficie de rodadura.
- Carreteras de acceso a la planta fotovoltaica (Camino B): 223 m
- Carretera de acceso a la subestación de maniobras CFE: 477 m

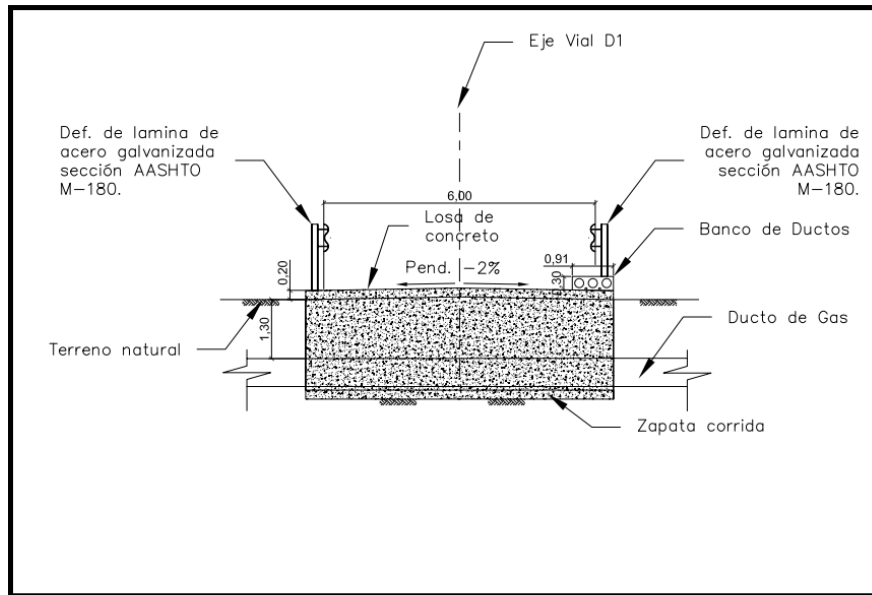
Figura II.16 Vialidad interna tipo de la planta fotovoltaica



En los caminos exteriores a la planta fotovoltaica existirán 2 cruzamientos con un gasoducto propiedad de Transcanada (Figura II.16), en los cuales se realizarán las siguientes obras para evitar cualquier daño en construcción y/o operación y mantenimiento:



CRUCE CAMINO & MT CON GASODUCTO
SIN ESCALA



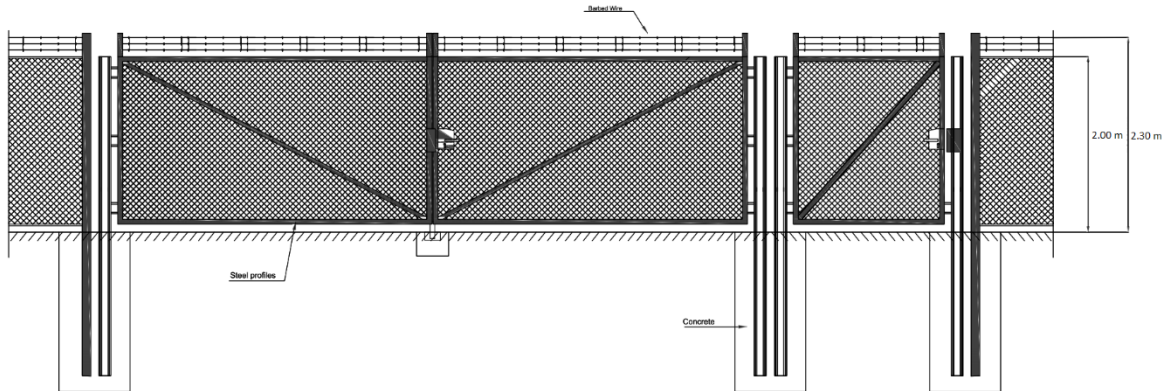
SECCIÓN TRANSVERSAL VIAL D1
SIN ESCALA

Vallado y puerta de acceso

La puerta de acceso a la planta, de 2 m de altura, se realizará con alambre de malla ortogonal y marco metálico con bisagras.

Habrà por lo menos una puerta de acceso por planta con las siguientes características, pudiendo haber más de una puerta en función de las necesidades de la planta (Figura II.17)

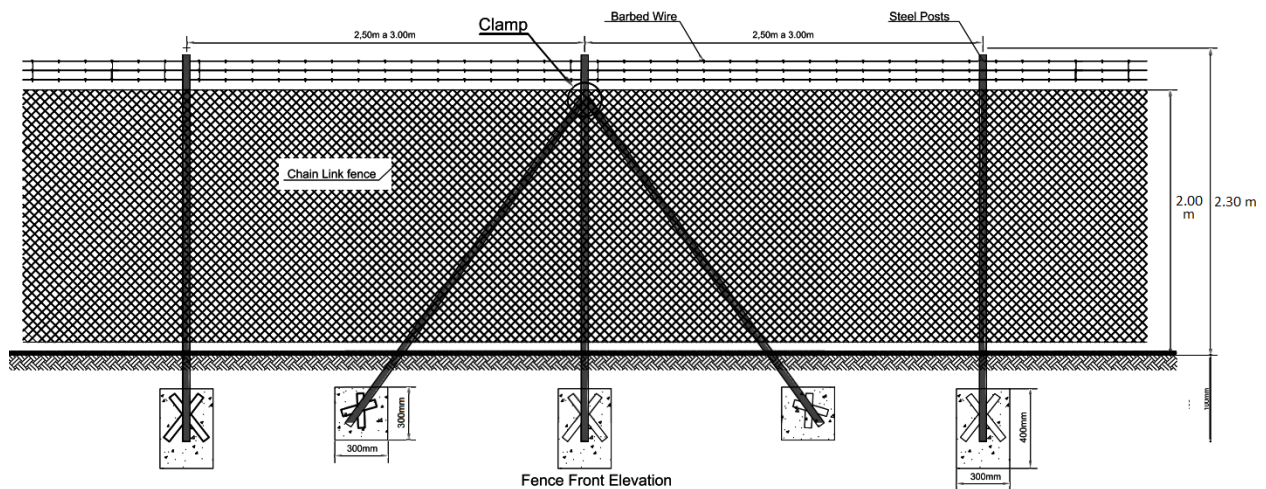
Figura II.17 Ejemplo de puerta de acceso



El vallado tendrá que cumplir con las regulaciones aplicables y se tendrán en cuenta las implicaciones ambientales. El vallado, la puerta de acceso y el sistema de seguridad serán compatibles entre sí.

Se estima aproximadamente una longitud de valla de 20.669.87 m que englobará los polígonos con el generador fotovoltaico y la subestación de maniobras (Figura II.18).

Figura II.18 Ejemplo de sección de vallado



Zanjas y registros

El cable de potencia irá enterrado directamente, sin tubo, excepto en los cruzamientos, que irán bajo tubo con protección de hormigón. El cable de comunicación y sistemas auxiliares irá siempre bajo tubo.

Los registros necesarios se ejecutarán en hormigón prefabricado, con sumidero y deberá cumplir con la normativa aplicable. En el caso de registros con entrada de tubo se considerará el correcto sellado de estos.

El cableado de baja tensión (BT) irá directamente enterrado en zanjas desde las cajas de conexión a los inversores.

El cableado de media tensión (MT) irá directamente enterrado en zanjas de al menos 80 cm de profundidad, con variaciones de anchura en función del número de circuitos instalados. Debido a la compleja distribución de esta planta fotovoltaica, se tendrán zanjas de hasta un máximo de 16 circuitos:

La planta fotovoltaica requerirá la construcción de zanjas de MT internas en los terrenos y zanjas de MT externas, que podrán discurrir en paralelo a caminos municipales para la interconexión de los diferentes bloques con la subestación de elevación.

Accesos

Para acceder se puede utilizar el “Camino Real de tierra adentro”, al que se entra por una rama de carretera estatal que conecta carreteras federales (57 y 45). Desde la Carretera Federal 45 Tramo Huichapan – San Juan del Río o desde la Carretera Federal 57 Tramo Tepotzotlán – San Juan Del Río; en ambos casos la indicación de salida está marcada como “Polotitlán”.

Para la construcción de las vías que llegarán hasta la planta se utilizarán los derechos de vía existentes a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial (SOPOT).

Cunetas

Se construirá una red de cunetas para proteger las vialidades, las casetas de inversores y transformadores, estructuras y edificaciones, de acuerdo con normativa de aplicación y los requerimientos de la autoridad competente.

Se realizará un mínimo de cunetas, únicamente para proteger las vialidades y los centros de transformación.

Se construirá una red de cunetas, que desagüe un caudal de diseño equivalente producido por una tormenta de 100 años de período de retorno. Esto significa que la probabilidad de que se supere ese caudal en un año es de 1/100.

La red de cunetas discurrirá paralelo a los caminos de la planta fotovoltaica. Las cunetas recogen el caudal de una cierta área que vierte en ellas y este caudal es conducido a un punto de desagüe o a otra cuneta que finalmente evacua el caudal fuera de la planta. Estas cunetas se diseñarán asegurando que tienen sección suficiente para los eventos de probabilidad escogida.

Los equipos eléctricos y obras civiles deberán estar preparados para una inundación de 50 cm de profundidad en las zonas inundables de manera esporádica, durante los 30 años de vida útil de la planta fotovoltaica.

En los bloques de potencia ubicados en zona inundable, se colocarán elevados con un mínimo de altura para toda la planta de 20 cm o +5 cm la elevación máxima en periodo de retorno

100 años y protegidos por una barrera formada con material pétreo que impida el deslave de los suelos (

Figura II.19jError! No se encuentra el origen de la referencia. y Figura II.20).

Figura II.19 Protección de los bloques de potencia

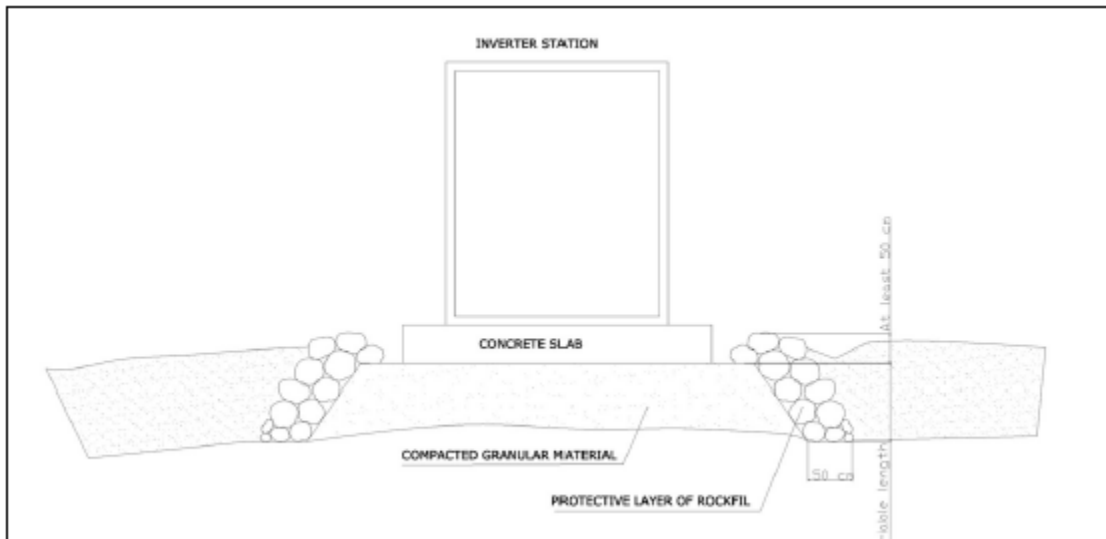
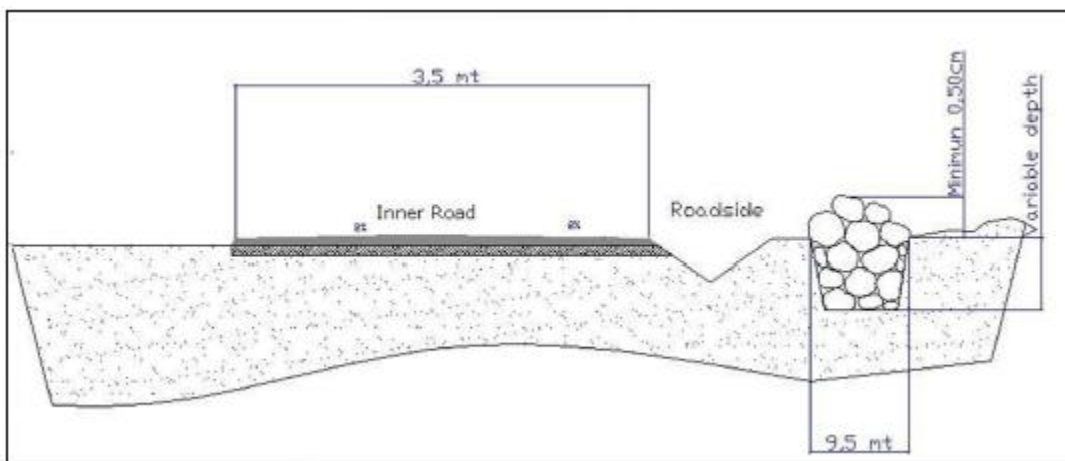


Figura II.20 Protección de caminos internos en la planta



Sistema de monitorización y control

Las monitorizaciones y los sistemas de control son de alta importancia para la planta fotovoltaica, ya que permite la operación y monitorización eficiente de la planta fotovoltaica.

El sistema de monitorización propuesto debe dar al equipo de operación y mantenimiento una visión global y detallada de la planta fotovoltaica y sus equipos y su estado. Este sistema será utilizado para detectar fallos y para monitorizar y guardar parámetros importantes. Gracias al sistema de monitorización y control se podrá vigilar el correcto funcionamiento de:

- Cajas de nivel

- Entradas DC y salidas AC de los inversores
- Trackers
- Alarmas y señales de fallo de los inversores y transformadores
- Temperatura y parámetros de seguridad de los transformadores e inversores
- Sistemas de protección
- Estación meteorológica y sensores de irradiación
- Contadores de energía y analizadores de red
- PLCs y dataloggers, así como el power plant controller
- Subestación eléctrica

El sistema de monitorización estará conectado con la Subestación de Maniobras, para poder leer y registrar los principales parámetros eléctricos en el punto de interconexión (POI): potencia activa y reactiva, energía activa y reactiva, tensión, corriente y factor de potencia entre otros.

El SCADA cumplirá con todos los requerimientos técnicos y especificaciones del código de red, la normativa mexicana e internacional y debe estar perfectamente integrado con los equipos de la planta fotovoltaica con CENACE y CFE.

Se instalará una UPS para proteger la monitorización y el SCADA de desconexiones inesperadas.

La arquitectura de las comunicaciones y sistemas de monitorización se basará en los estándares de calidad industrial.

Como se ha dicho anteriormente, se utilizará fibra óptica para conectar todos los bloques de potencia entre sí y con el edificio de control principal, la subestación de elevación y la subestación de maniobras. Se realizará una configuración en anillo, usando fibra óptica 50/125.

Este cableado de fibra óptica será instalado en tubo rígido de PVC, dentro de las zanjas de media tensión, e irá uniendo todos los bloques de potencia entre sí. El cable deberá tener cuatro fibras.

Todos los nodos de comunicación serán equipados con todos los equipos necesarios para una correcta comunicación y control. Esto incluye cuadros de control, convertidores Modbus, Profibus, CAN y otros equipos.

Todos los datos serán enviados al centro de control vía fibra óptica, donde estará instalado el software Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), que procesará todos los datos recibidos y estará supervisando de manera continua los valores reales y calculados de la planta, identificando a tiempo real cualquier incidencia que afecte o pudiera afectar a la producción, y cualquier variación entre la producción prevista y la real.

El equipamiento para monitorización estará compuesto por un centro de control de 2,8 GHz, 8 Gb de RAM, un sistema operativo Windows 2003 Server y una base de datos SQL Server. El equipamiento para caseta de inversores, cajas de nivel y trackers estará dispuesto conforme a lo dispuesto en las normativas nacionales e internacionales aplicables.

Desde la caseta de inversores se tenderá un cable de fibra óptica que irá uniendo las casetas de inversores, y estas a su vez con el centro de control según se indica en planos. Este cable será de 8 fibras multimodo, anti roedores y se utilizará también para integrar el sistema de cámaras de televisión de la planta. El cable de fibra óptica está considerado de 9/125, 50/125, 62.5/125, utilizando un aislamiento mediante un tubo de polibutileno tereftalato, teniendo una armadura y aislamiento hidrófugo gracias a hilos aramidados con aislamiento hidrófugo, con refuerzo, rellenando el módulo con gel tixotrópico, que previene la penetración de agua.

El resto de cableado se realizará con cable FTP para exteriores, para su utilización como bus RS 485, este sistema de cableado estará compuesto por diferentes tramos de cableados que terminarán en la caseta de inversores. Las cajas de conexión se numerarán en cada planta y se irán uniendo en serie con el cable de comunicaciones.

SCADA

En la arquitectura del SCADA se considerará la robustez y redundancia de los equipos críticos, y dispondrá de recuperación automática de datos store & forward, elevada, disponibilidad de datos, ciber seguridad, comunicación bidireccional y recepción de consignas con Compañía Eléctrica, y conexión a base de datos SQL o similar.

El SCADA tendrá que monitorizar, leer y registrar todos los datos en, como mínimo, intervalos de 10 minutos.

Todos los datos monitorizados serán enviados al centro de control, donde se instalará el SCADA.

Este software será responsable de detectar cualquier incidente que pueda afectar a la producción, en tiempo real. El SCADA será diseñado con configuración redundante en los equipos críticos, y con una arquitectura robusta. El software será una plataforma IGNITION o similar, con recuperación automática de datos, ciberseguridad, comunicación bidireccional, posibilidad de recibir instrucciones desde la compañía eléctrica y SQL o base de datos similar.

El SCADA almacenará, medirá y controlará a los inversores, señales de las estaciones meteorológicas entre otros.

Power plant controller (PPC)

El PPC se programará en un PLC industrial, donde el código de programación será compilado e instalado en una tarjeta SD. El PPC será responsable de asegurar el control de potencia activa y reactiva, respuesta en frecuencia, consignas de potencia, control de tensión, potencia reactiva por la noche, leer y comandar a las estaciones de potencia para cumplir con las consignas de la compañía eléctrica en el tiempo establecido.

El PPC leerá el contador de consignas situado en el POI. La precisión del contador debe ser de al menos 0,2s. Con ello, el controlador PI o PID del PPC tendrá 10 iteraciones para llegar al valor de consigna dentro de los dos segundos de control.

La comunicación entre el contador de control y el PPC se realizará por DNP3 o ModBus con una velocidad de refresco de al menos 200 ms.

El PPC comunicará con los inversores del parque fotovoltaico por Modbus TCP. Para la comunicación con los inversores se empleará comunicación por protocolo Modbus RTU y la realización de un broadcast para la consigna, reduciendo así los tiempos de actuación.

Las comunicaciones con CENACE se realizarán con el RTU. El SCADA y el PPC leen y escriben de la RTU para recibir consignas o variables de estado y enviar feedback a CENACE a través de ella.

Los usuarios se conectarán al SCADA para usar la interfaz del PPC y enviarle comentarios de control y regulación de la planta.

Las variables que se intercambiarán entre CENACE, el PPC y el RTU serán como mínimo las necesarias para cumplir con el código de red mexicano.

Sistema de comunicaciones externas

Después de terminar la red de comunicación, incluyendo sistemas de gestión de sistemas de control y vigilancia, es necesario conectar el sistema con el "exterior" (Internet) para recibir información y gestionar los sistemas de forma remota.

El sistema de comunicaciones será redundante y deberá disponer de una velocidad mínima simétrica de 2 Mbps en el sistema principal (Satélite o ADSL) y solución 3G en el sistema redundante con autonomía de datos 2-3 días, o solución equivalente.

Dos sistemas de comunicación serán implementados en la planta, un sistema de comunicaciones principal: Este sistema puede usar ADSL (tecnología Wimax para traer la conexión de internet a la planta) o conexión satelital y un sistema de comunicaciones redundante que contenga un respaldo de 3G/4G.

Sistema de seguridad

El sistema de seguridad de la planta se fundamenta en la seguridad perimetral, lo que permite proteger todo el recinto de cualquier intrusión.

Se utilizará un análisis de imagen combinada con cámaras térmicas, que permite la detección y seguimiento automático de cualquier intruso que entre en el área de detección.

El sistema tendrá seguimiento automático de elementos detectados, permite verificación de alarma remota, permite ignorar movimientos en áreas y direcciones predefinidas para rondas de vigilancia o funciones de mantenimiento, adaptación continua de sensibilidad, detección de personas y vehículos, detección a larga distancia, baja velocidad y condiciones de camuflaje y soporta cámaras en color, B/N, IR y térmicas

El centro de control de seguridad recibe las imágenes y por medio de los analizadores de video creará las diferentes posibles señales de alarmas.

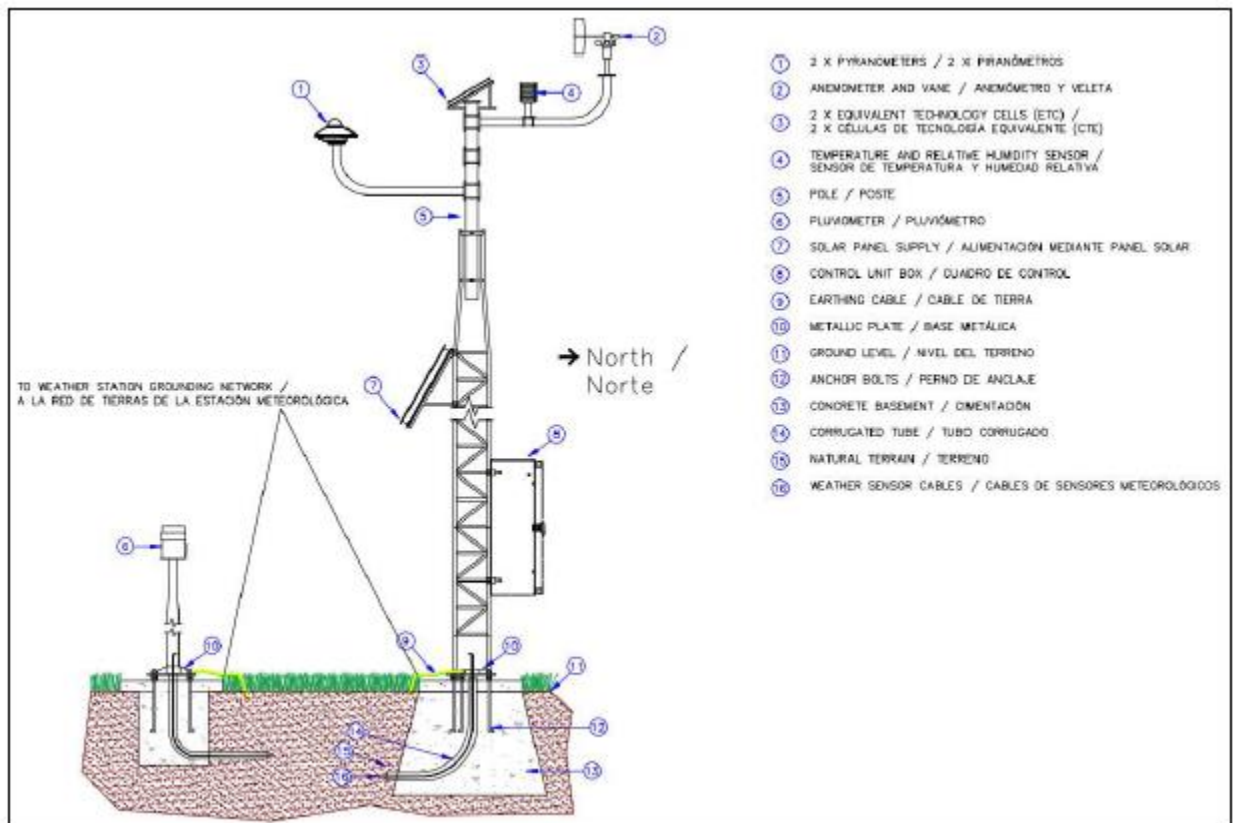
Estación meteorológica

Se instalarán tres estaciones meteorológicas en la planta fotovoltaica. Una de ellas estará colocada anexa al centro de control.

Se instalará un “logger” similar a “METEODATA 3016 CM de GEONICA, con 16 canales analógicos, 2 entradas digitales, 2 salidas digitales y 4 entradas de pulso, de 16 bits.

Las estaciones meteorológicas tendrán autonomía con paneles solares de 70 W, para evitar pérdida de datos si falla la alimentación externa. Además, tendrán un módulo de comunicación remota, para integrar los datos con el sistema de monitorización (Figura II.21)

Figura II.21 Visualización de la estación meteorológica



Debe ser posible descargar los datos almacenados en un ordenador, en caso de fallo de comunicaciones.

Adicionalmente, debe instalarse al menos dos (2) células dobles y un (1) piranómetro por estación de potencia. Cada célula debe tener integrado un sensor de temperatura. Las células serán usadas para registrar la irradiación existente y deben estar montadas en el plano de los paneles (un tracker cercano a la estación de potencia, permitiendo integrar sus medidas en el sistema de monitorización). Además, se podrá usar estas células para comparar la producción de la planta y evaluar cuando se debe limpiar.

Obras temporales

El proyecto por desarrollar tiene contempladas obras con distinta temporalidad de acuerdo con la etapa del proyecto; las obras provisionales y las obras permanentes. Como se puede entender de su nombre las temporales contemplan la parte de construcción del parque solar y serán desmanteladas al final de esta.

Las obras provisionales incluyen oficinas Instalaciones temporales, zonas de acopio de material, almacenes, talleres, baños (Tabla II.13).

Tabla II.13 Superficie destinada a obras de carácter temporal

Categoría	Cantidad	Área unitaria m ²	Área total m ²
Oficinas	1	214.11	214.11
	1	572.51	572.51
Almacén y zona de acopio	1	8400.00	8400.00
Baños	1	58.99	58.94
	1	85.61	85.61
	3	96.3	288.9

Se dispondrá en obra de una oficina de obra, formada por casetas prefabricadas habilitadas que contará con servicios sanitarios y servicios básicos de agua y electricidad.

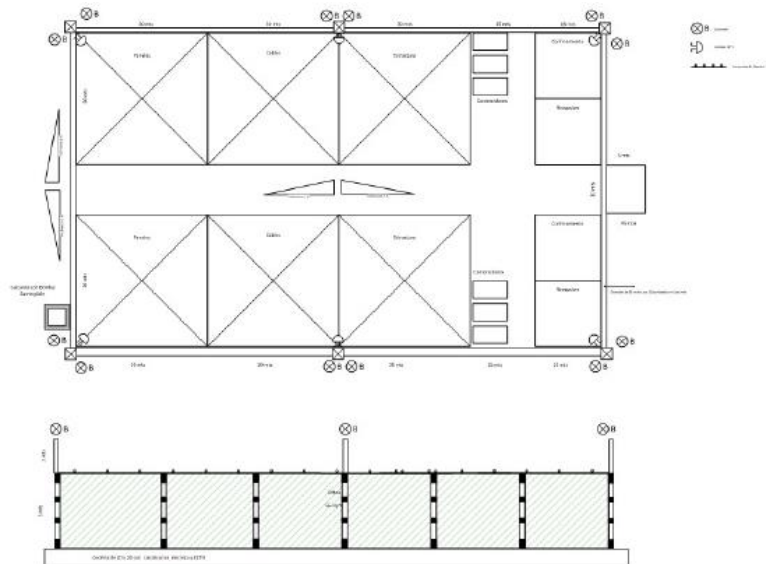
Así mismo se dispondrá de las mesas de oficina y sillas de oficina necesarias, aire acondicionado, conexión telefónica y conexión a Internet, teléfono fijo y los ordenadores e impresoras necesarios.

En caso de que no se cuente con energía eléctrica por la CFE se instalarán grupos electrógenos.

También se habilitará una zona de acopio de material misma que será habilitada en la fase de construcción desde el inicio de las obras y será retirada una vez terminados los trabajos constructivos de la totalidad de las obras.

Esta zona contará con un área de recepción y entrega y un área de acopio de materiales que en conjunto tendrán una superficie de 2 hectáreas aproximadamente. Se ubicará a un costado de los caminos de acceso al área del proyecto. En esta área se reunirán todos los materiales voluminosos considerados para la fase de construcción del proyecto, incluido el acopio de material removido procedente de la planta y líneas de transmisión, así como un área de recepción y entrega de materiales (Figura II.22).

Figura II.22 Distribución del almacén y zona de acopio



Se proveerá agua potable para los trabajadores por medio de estaciones techadas con garrafones que serán abastecidos por una empresa externa en las cantidades requeridas según el número de trabajadores bajo condiciones de salud e higiene óptimas para el consumo humano.

Se utilizarán provisionalmente generadores de gasolina o diésel con el fin de abastecer de energía eléctrica a los frentes de construcción del parque fotovoltaico, sistemas de seguridad de la instalación y en caso necesario las oficinas provisionales.

En esta etapa se contará también con servicios sanitarios portátiles suministrados por empresas especializadas para esta actividad y debidamente registradas. Se está considerando un baño portátil por cada 25 trabajadores, mismos que se irán moviendo conforme se va avanzando en los frentes de trabajo. Habrá una sala de primeros auxilios que consistirá en un camión tipo camper adaptado para dar atención médica primaria.

Almacén temporal de residuos peligrosos

Se tendrá un control estricto sobre los residuos peligrosos generados durante las diferentes etapas de construcción del proyecto, los cuales se almacenarán en un espacio habilitado de conformidad con los lineamientos que al efecto establecen la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.

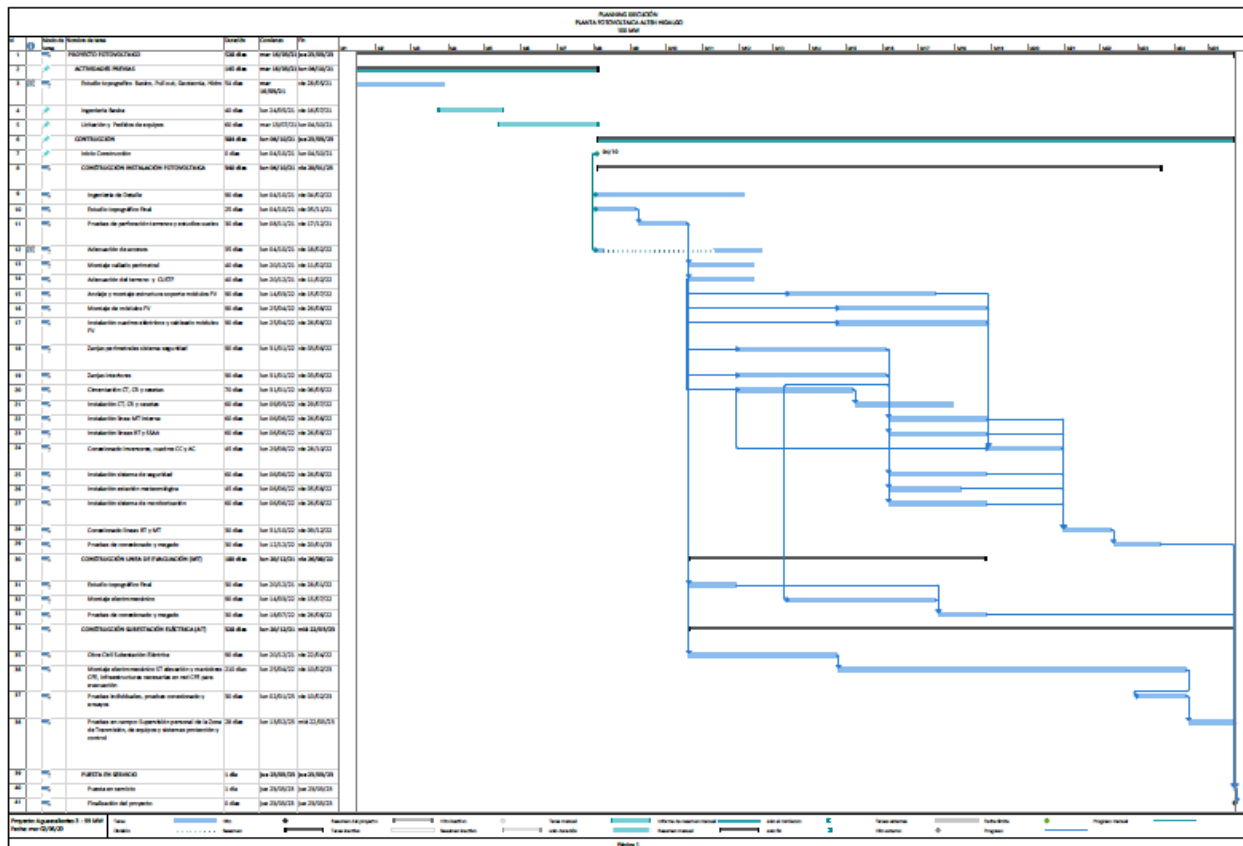
Si bien durante la vida útil del proyecto se prevé la generación de toda clase de residuos, antes de iniciar la operación de la planta se construirá el almacén definitivo que también deberá atender los lineamientos de la normatividad antes señalada y que reemplazará al habilitado durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

En el programa de residuos generado en el capítulo VI de esta MIA-R se lleva a cabo la descripción del almacén.

II.2.1 Programa general de trabajo

El programa de trabajo comprenderá 25 meses para la ejecución de las etapas de preparación del sitio y construcción, y de 30 años para operación y mantenimiento. Debido a las dimensiones del programa general de trabajo, este se agrega como anexo en el capítulo VIII de esta MIA-R bajo el nombre “ANX VIII.II.3 Programa general de trabajo” (Figura II.23).

Figura II.23 Programa General de trabajo

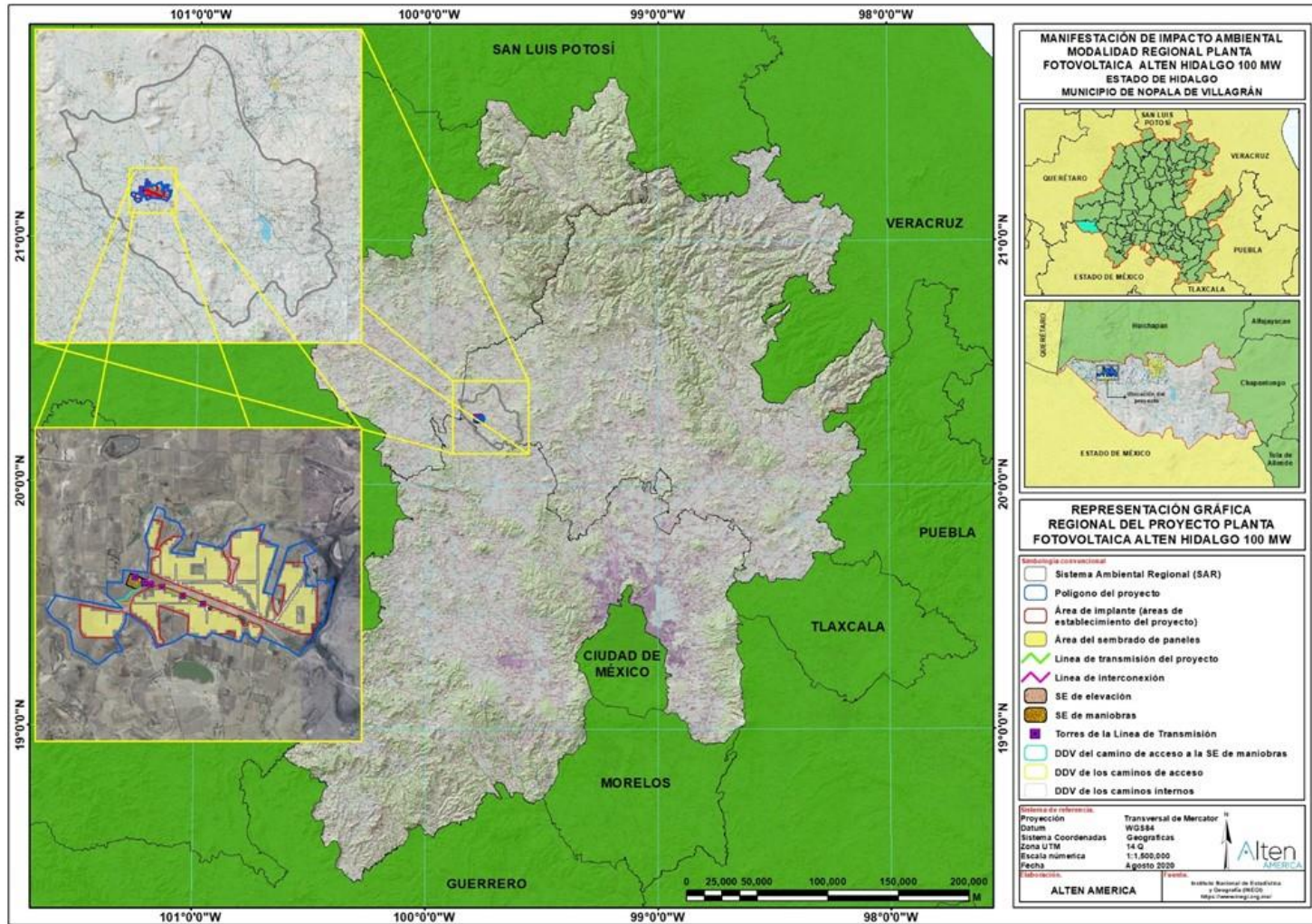


II.2.2 Representación gráfica regional

El AeP ocupa el 0.7 % del Sistema Ambiental Regional Figura II.24 (Figura II.24). Para una mejor visualización se agrega como anexo el plano de ubicación del proyecto en relación con su representatividad dentro del Sistema Ambiental Regional bajo el nombre ANX VIII.II.4.

Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R

Figura II.24 Representación gráfica Regional

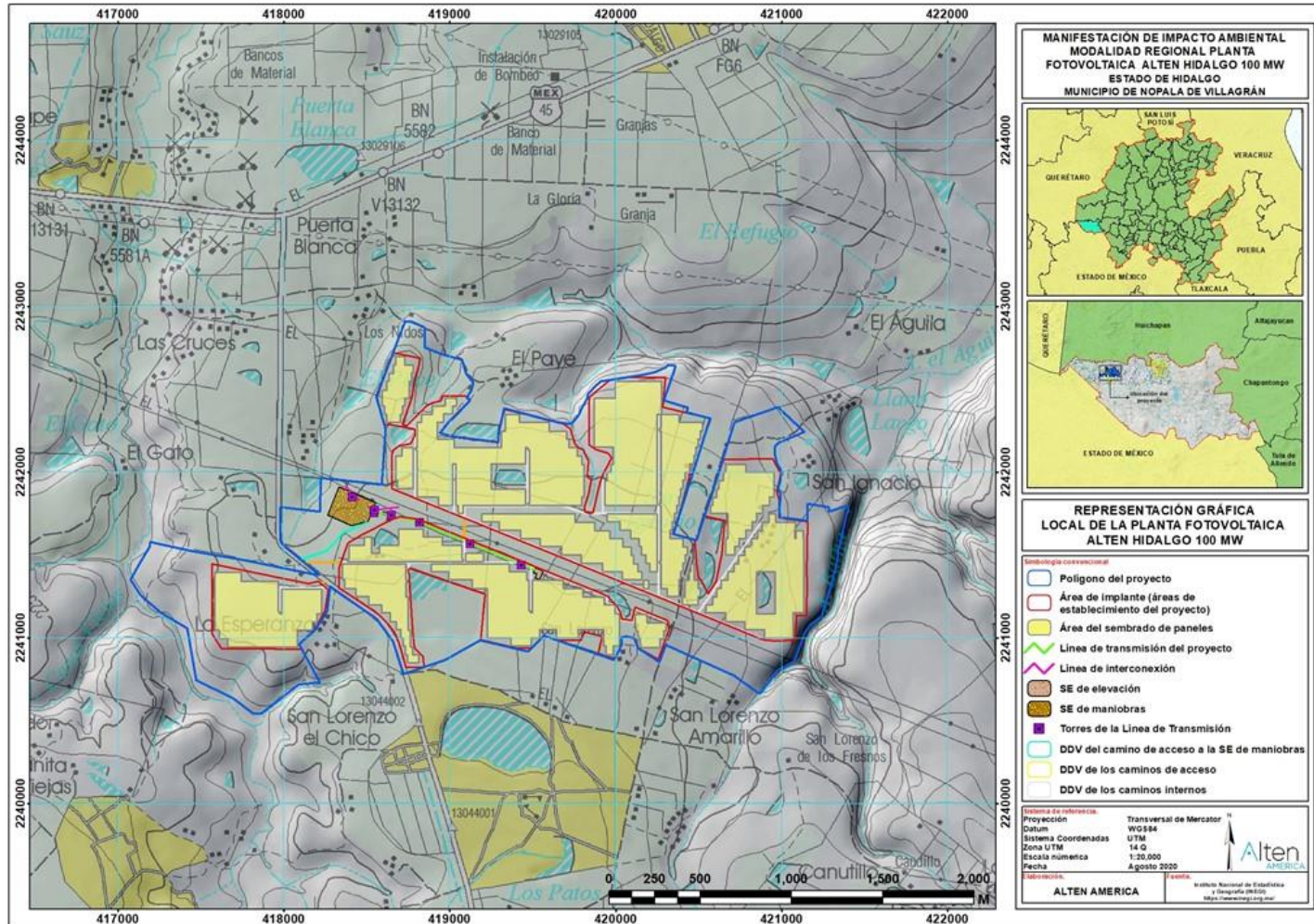


II.2.3 Representación gráfica local

Los componentes más evidentes del proyecto, con posibilidad de ser localmente representados son el área del generador fotovoltaico, las subestaciones de elevación y maniobras, y la línea de transmisión (Figura II.25 Representación gráfica local). Para una mejor visualización, este plano se agrega como anexo bajo el nombre ANX.VIII.5.

Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R

Figura II.25 Representación gráfica local



II.3 Preparación del sitio y construcción

Previamente en este capítulo se describieron a detalle los componentes del proyecto, tanto los principales como los secundarios, de igual forma fueron consideradas las obras de carácter temporal. Ahora se describe el proceso de preparación del sitio y construcción de estos, al texto se han agregado imágenes del proceso constructivo de otro proyecto de generación de electricidad a partir de energía solar ejecutado por Alten, esto con el fin de dar una descripción más detallada.

II.3.1 Preparación del sitio

Esta etapa tiene como objeto acondicionar el área para realizar la instalación de infraestructura de una forma adecuada y de acuerdo con las condiciones del terreno, buscando con ello la menor afectación ambiental posible, es importante mencionar que previo al inicio de las actividades posteriormente descritas, se llevarán a cabo las actividades consideradas en los programas de rescate y reubicación de flora y fauna (Capítulo VI de la MIA-R).

Remoción de vegetación existente (desmante y despalle)

Se realizará la limpieza y el desbroce del terreno donde se ubicarán los componentes del proyecto.

La remoción de vegetación existente se realizará por medios mecánicos y comprenderá el 26.99% de la superficie destinada al proyecto.

Se prevé la remoción de una capa de 37 mm de espesor, la cual contiene el porcentaje más alto de material orgánico y por lo cual no es apta para el desplante de estructuras.

La tierra orgánica removida será almacenada en un área dentro del predio, a efecto de emplearla en la recomposición de aquellas áreas donde se habilitarán instalaciones de uso temporal.

Trazo y nivelación

En esta etapa se efectuará el trazo definitivo y preciso del proyecto, considerando los ejes de la cimentación y sus anchos, como de los ejes principales de la obra.

Estas actividades serán extensivas para cada delimitar cada uno de los componentes del proyecto, a efecto de evitar afectaciones innecesarias a áreas adyacentes.

Corte y relleno de terreno

Se llevarán a cabo actividades de corte y relleno del terreno hasta obtener el nivel de rasante proyectado. La mayor parte del material para el relleno se obtendrá a partir de las excavaciones realizadas en actividades posteriores, por lo que no se dispondrá de ningún volumen de suelo como residuo. En caso de requerirse material adicional, este se obtendrá de bancos de materiales que cumplan con los estándares requeridos y las autorizaciones aplicables por parte de la dependencia estatal que corresponda.

Establecimiento de canalizaciones internas

Se abrirá una zanja cuyo lecho será liso y deberá de estar libre de aristas vivas con el fin de instalar cables de manera correcta, evitando daños y ofreciendo seguridad frente a futuras excavaciones.

Sobre el cableado se colocará una protección mecánica que será una placa plástica o metálica, que tendrá a su vez la función de señalización.

II.3.2 Construcción

La etapa de construcción de las obras permanentes que conforman el proyecto prevé las siguientes actividades:

Excavación

Para las torres autosoportadas, cuadros eléctricos, inversores o subestaciones, las cepas que se efectúan para formar la sección de desplante en las cimentaciones de las estructuras se ubicarán de acuerdo con las dimensiones del proyecto y a su ingeniería de detalle. Cuando por condiciones del subsuelo se justifique un cambio en el diseño de los cimientos, se suspenderá la excavación hasta que esté elaborado el nuevo proyecto de cimentación.

Durante el proceso de excavación y/o perforación el material producto de estos se depositará dejando cuando menos 1 m libre entre los límites de la excavación y el pie del talud del borde formado con el fin de evitar derrumbes del material al interior de la excavación.

Cimentación

Los trackers se pueden fijar a tierra usando diferentes técnicas de hinca. El tipo de solución final se determina una vez se realicen pruebas "Pull Out Test" (ingeniería de detalle). La idoneidad de la solución de hinca deberá verificarse en base a las solicitaciones de carga y la resistencia del suelo. Se valora utilizar las siguientes opciones: hinca directa, hinca directa + predrilling o micropilotes (se valorará el uso de zapatas, pilotes o micropilotes, como base para el anclaje de las estructuras fotovoltaicas utilizando concreto en zonas muy blandas y donde la capacidad portante del suelo es muy baja).

Montaje de estructuras

Una vez concluida la instalación de trackers, se colocan los paneles solares y se adhieren mediante grapas a la estructura (Figura II.26¹⁶).

Figura II.26 Ejemplo de paneles fotovoltaicos sobre trackers

Construcción de vialidades

Separando las hileras de módulos fotovoltaicos, se construirán vialidades internas de 4 m de ancho con un metro de cuneta. Se agregará una capa de 15 cm de espesor compactada obtenida a base de zahorra. El diseño podrá variar en función de las características del suelo (Figura II.27¹⁷ ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Figura II.27 Ejemplo de vialidades internas

Es importante señalar que, si bien las vialidades internas tendrán de 3.5 a 4 m de ancho final, durante la etapa de construcción alcanzarán dimensiones de hasta 8 m, con el propósito de permitir el libre tránsito de la maquinaria que transportará los equipos hasta el sitio donde serán colocados.

Construcción de zanjas y arquetas

El cableado que recogerá la energía producida por los paneles conformará los circuitos de media tensión que correrán dentro de las zanjas revestidas de concreto cubiertas con tierra seleccionada o importada, manualmente compactada en la parte media de la zanja y con tierra de excavación mecánicamente compactada en la capa superior.

Se construirán arquetas para recibir, enlazar y distribuir conductos subterráneos. (Figura II.28¹⁸)

Figura II.28 Ejemplo de excavación de zanjas y tendido de cable



Edificio de control

Se llevará a cabo la construcción del edificio de control.

Vallado perimetral

El área de establecimiento del proyecto se delimitará mediante una valla de aproximadamente 20.669.87 m, construida a base de postería y malla ciclónica. Los postes se colocarán a una distancia de 2.5 m entre uno y otro, lo que implica el hincado con máquina hincadora. La cerca tendrá accesos controlados para regular el ingreso de personas al área.

Construcción de subestaciones de elevación y maniobras

Las subestaciones de elevación y maniobras estarán construidas con estructura de concreto y revestidas de block hueco. Las cimentaciones de la subestación de maniobras se diseñarán de acuerdo con los siguientes lineamientos¹⁹:

- a) El diseño de la subestación de maniobras se debe realizar con apego a la normativa CFE, considerando adicionalmente las recomendaciones y resultados del estudio geotécnico del sitio donde se localizará la obra. Dicho estudio se debe realizar con base en lo establecido en la especificación CFE C0000-44.

- b) Las cimentaciones para estructuras mayores^{IV} deben ser de concreto armado y ser diseñadas con base en el reglamento de diseño de estructuras de concreto reforzado ACI-318.
- c) La resistencia del concreto a utilizar debe ser de $f_c=24.5$ MPa (250 kg/cm²), debiéndose emplear cemento que cumpla con la norma NMX-C-414-ONNCCE y la especificación CFE C0000-15; el acero de refuerzo empleado debe tener una resistencia $f_y=411.6$ MPa (4200 kg/cm²).
- d) El diseño estructural de la cimentación se debe hacer por el método de resistencia última. Para lo anterior, se deben emplear los elementos mecánicos ya factorizados obtenidos del análisis estructural descrito en la especificación CFE JA100-57.
- e) Los anclajes en las cimentaciones para sujetar a las estructuras se deben diseñar con acero redondo estructural liso ASTM tipo A-36 estándar galvanizado.

Con base en las características constructivas y operativas, peso y dimensiones de los transformadores y reactores de potencia, es necesario que la cimentación garantice su estabilidad y buen funcionamiento, para lo cual se deben incluir los medios de anclaje necesarios. Las cimentaciones mayores para estos equipos deben contar con una fosa de captación de aceite, cuyo propósito sea la captación inmediata de fugas de aceite sin que éste se derrame (Figura II.29²⁰).

Figura II.29 Ejemplo de construcción de subestación de maniobras



Con el propósito de facilitar las labores de maniobra y acceso de cada transformador o reactor de potencia a su respectivo cimiento, para cada unidad se incluirá una losa de concreto armado provista de dos placas de acero para deslizamiento de las unidades en la

^{IV} Son estructuras mayores los elementos estructurales que sujetan y soportan las barras, buses transversales y cables de guarda de la subestación; estructuras (marcos) colocados sobre mamparas, para recibir acometidas de circuitos externos de distribución, para subestación de servicios propios y para bancos de capacitores (CFE, 2014. Op Cit).

longitud comprendida entre sus cimientos y el camino interior más cercano. Las losas de concreto armado y las placas de acero se deben diseñar con base en las dimensiones del bastidor y el peso total de cada unidad (Figura II.30²¹).

Figura II.30 Ejemplo de construcción de cimentaciones mayores



Las cimentaciones para estructuras menores^V se deben diseñar con base en los lineamientos a), b), c), d) y e) antes enunciados, con la salvedad de que la resistencia del concreto a utilizar debe ser $f_c = 19.6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2).

En caso de utilizar pilas de cimentación, estas deben tener un diámetro mínimo de 0.50 m (Figura II.31²²).

Figura II.31 Ejemplo de construcción de cimentaciones menores



^V Son estructuras menores aquellos elementos cuyo propósito es dar soporte a los transformadores de instrumento, apartarrayos, trampas de onda, interruptores, cuchillas, aisladores soporte y torre de telecomunicaciones (CFE, ídem).

Derecho de vía de la línea de transmisión

Con base en la Especificación CFE L1000-10 y el tipo de estructura empleada para construir la línea de transmisión, ésta requiere un derecho de vía^{VI} mínimo 32 m, para este proyecto se ha considerado de 36 m. Por definición, dentro del área comprendida por el derecho de vía, no deben existir obstáculos ni construcciones de ninguna naturaleza, tales como casas, edificios, casetas, bardas, enrejados u otro medio que ponga en riesgo la operación confiable de las líneas de transmisión y la seguridad del entorno, y que impida el libre acceso para mantenimiento y/o revisión de las instalaciones.

Cimentación de la línea de transmisión

El proceso de cimentación consistirá en la fabricación *in situ* de elementos de cimentación profunda con secciones mayores que las de los pilotes, las cuales también transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación, con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto. Las pilas pueden fabricarse prácticamente de cualquier material, siendo los más utilizados la grava, cal, mortero y concreto armado, dependiendo de los estratos del subsuelo y las condiciones del agua subterránea. Tienen las siguientes ventajas:

- Al fabricarse *in situ*, no requieren de un área adicional para una planta de fabricación y para su almacenamiento como elementos terminados;
- No están expuestas a sufrir daños estructurales, en virtud que no requieren de maniobras o golpes para su instalación, como sucede con los pilotes;
- Los decibeles generados durante su instalación son muy inferiores a los que produciría un pilote prefabricado;
- La longitud de las pilas puede ser variable, dependiendo de la profundidad de los estratos resistentes, pudiendo hacerse los ajustes correspondientes prácticamente en forma inmediata, a diferencia de lo que ocurre con los pilotes por tratarse de estructuras prefabricadas;
- La fabricación de las pilas siempre es monolítica y no requiere de juntas especiales, como sucede en algunos pilotes que son instalados en tramos;
- Las pilas pueden ser instaladas en subsuelos con presencia de gravas, aplicando el procedimiento adecuado que permita la estabilización de la pared de las perforaciones, lo cual no es posible llevar a cabo para cimentaciones a base de pilotes, ya que el diámetro de las perforaciones es inferior a 1.20 m, dimensión que permite la extracción de obstáculos;
- La capacidad de carga de las pilas es mayor que la de los pilotes, debiéndose, considerar el efecto de escala.

Las estructuras autosoportadas contarán con cuatro patas de apoyo al suelo, cada una de las cuales irá cimentada sobre una pila independiente de hormigón armado,

^{VI} Los objetivos del derecho de vía son: disponer del área bajo las líneas, que permita su adecuada operación con la máxima confiabilidad y el menor índice de salidas, en beneficio del servicio público eléctrico; facilitar su inspección y mantenimiento con las mínimas interferencias; proporcionar la seguridad necesaria a los residentes que se ubiquen en la vecindad de los conductores, para evitar la posibilidad de accidentes, debido a una tensión eléctrica mortal por contacto directo, o por fenómenos de inducción. (CFE NRF-014.pdf)

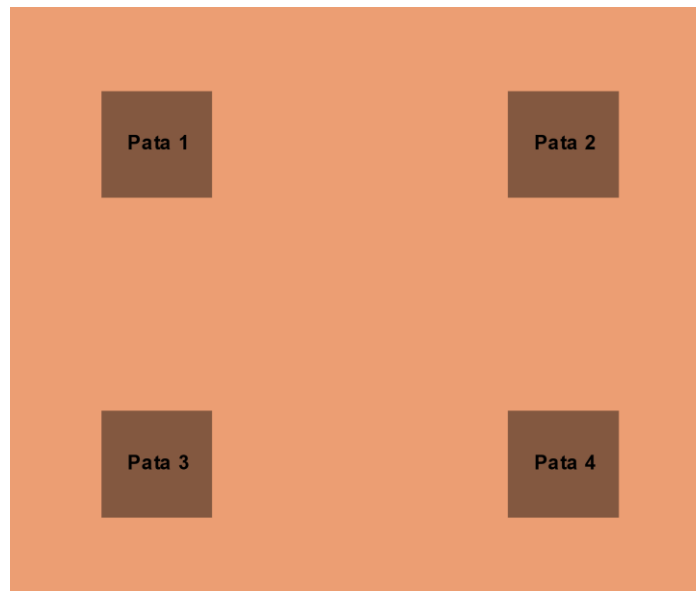
dependiendo ésta de la altura de la estructura y de las características del terreno sobre el que se asienta. El proceso resumido de construcción de una pila comienza con la excavación o perforación de un agujero en el subsuelo, para lo cual se empleará una máquina perforadora sobre camión.

Una vez colocada la estructura de la armadura, finalmente se puede iniciar el vertido del concreto.

Para determinadas posiciones donde las características del terreno y el tipo de orografía existente lo hagan necesario, las patas de la estructura irán cimentadas sobre cuatro zapatas de concreto armado de sección cuadrada.

En todos los casos, para determinar el área de afección de cada cimentación sobre el terreno, más allá del espacio que ocupan en planta las propias pilas o zapatas (sombreadas en la siguiente imagen), es preciso tener en cuenta el área circundante necesaria para llevar a cabo las excavaciones de las mismas (Figura II.32).

Figura II.32 Área circundante para llevar a cabo las excavaciones



Relleno y compactación de la línea de transmisión

Para esta actividad se utilizará el producto de la excavación de las cimentaciones y de todas las obras relacionadas al proyecto. En caso de que este material no sea suficiente o no cumpla con los estándares de calidad requeridos, se comprará material en casas comerciales en los poblados cercanos, trasladándolo en camiones de volteo cubiertos con lona para evitar la dispersión de polvos.

Montaje y armado de torres auto soportadas

El montaje y armando de torres auto soportadas, consiste en armar e instalar las torres en los sitios fijados por el proyecto y dejarlas preparadas para el tendido y tensionado de los cables. Una vez nivelada la base y construida la cimentación se puede continuar con el armado y montaje de los cuerpos superiores.

Señalización de líneas de transmisión

La señalización para inspección aérea y terrestre e instalación de placas de numeración y de peligro que comprende la estructura, se realizarán de acuerdo con los planos de detalle del proyecto, utilizando el método constructivo que garantice que no se dañe algún elemento de la estructura.

Sistema de tierras

Consiste en la instalación de antenas y contra-antenas a base de alambre. Para ello se abren zanjas de aproximadamente 50 cm de profundidad, 30 cm de ancho y entre 10 a 15 m de largo, dentro de las cuales se coloca el alambre.

Tendido y tensionado del cable de guarda

Consiste en colocar el cable y posteriormente tensionarlo para dejarlo a una altura determinada del suelo, así como la colocación de los herrajes y adaptaciones necesarias en los extremos superiores de las estructuras.

Tendido y tensionado del cable conductor

Colocación definitiva de los herrajes de sujeción correspondientes y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores, la instalación de separadores y amortiguadores cuando se indiquen y la instalación de los empalmes de tramos de cable conductor y la instalación de puentes y remates en las estructuras que lo requieran.

Revisión final para puesta en servicio

Antes de poner en servicio la línea de transmisión, se llevará a cabo la revisión final, de tal forma que ésta logre entrar en operación con oportunidad y óptima confiabilidad, para lo cual se van a verificar los siguientes aspectos:

- Cimentaciones.
- Retiro de los materiales de desecho en los frentes de trabajo.
- Verticalidad de las estructuras.
- Montaje correcto de las estructuras.
- Medición de resistencia de tierras.
- Reapriete de herrajes, conectores de conductor y cable de guarda.
- Distancias fase a estructura.
- Flechado de conductores y cable de guarda.
- Verticalidad o plomeo de cadenas de aisladores.

Después de llevar a cabo la revisión de las obras, se realizarán las pruebas de energización correspondientes.

II.4 Etapa de operación y mantenimiento

II.4.1 Operación

Esta actividad se realiza en dos fases: la primera es ejecutada por el equipo de supervisión de construcción y la segunda por el departamento de la puesta en servicio, ambos equipos forman parte de la estructura orgánica del promoviente.

Después que el equipo de supervisión de construcción termina con las pruebas pre-operativas de todos los equipos de forma individual, este último pasa a ser responsabilidad del personal de puesta en marcha, quien será el encargado de realizar la integración funcional de todo el equipamiento de las obras.

El elemento básico de una planta fotovoltaica es el conjunto de células fotovoltaicas que capta la energía solar, transformándola en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotoeléctrico. Están integradas, primero, en módulos y luego se forman con ellos los paneles fotovoltaicos.

La producción de electricidad de dichas células depende de las condiciones meteorológicas existentes en cada momento, fundamentalmente de la insolación. Dichas condiciones son medidas y analizadas con la ayuda de una torre meteorológica.

Como la energía eléctrica que circula por la red de transporte lo hace en forma de corriente alterna^{VII}, la corriente continua^{VIII} generada en los paneles solares debe ser transformada en corriente alterna. La corriente continua es conducida primeramente a un armario de corriente continua (cuadros de agrupación), para ser convertida en corriente alterna por medio de inversores y ser finalmente transportada a un armario de corriente alterna.

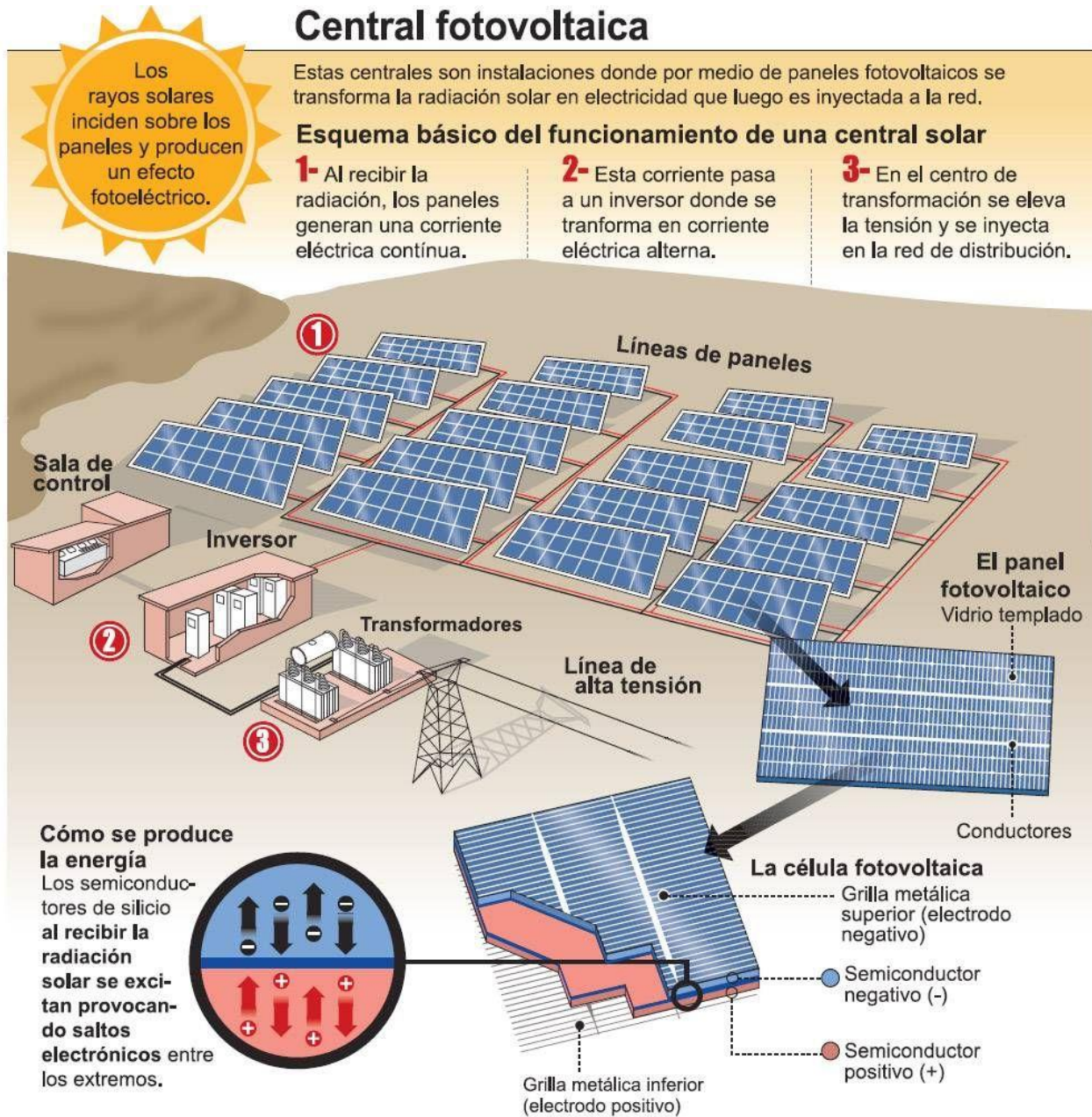
Posteriormente, la energía eléctrica producida pasa por un sistema de transformación donde se adapta a las condiciones de intensidad y tensión de las líneas de transporte para su utilización en los centros de consumo.

El funcionamiento de todos los equipos de la planta se supervisa desde la sala de control, en la que se recibe la información de los distintos sistemas de la instalación: torre meteorológica, inversor, armarios de corriente continua y alterna, centro de transformaciones, entre otros para finalmente, enviarse a la subestación de elevación a través de líneas de transporte de energía (Figura II.33²³).

^{VII} Corriente alterna: Es el tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

^{VIII} Corriente continua: Es el tipo de corriente que fluye constante en una dirección.

Figura II.33 Modelo de operación de una planta solar fotovoltaica



Fuente: www.unesa.es y www.consumer.es

Dario / DIARIO DE CUYO

II.4.2 Mantenimiento

El conjunto de actividades de mantenimiento que se desarrollan en una planta fotovoltaica, puede agruparse en:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

- Mantenimiento correctivo
- Actividades de mantenimiento extraordinario

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo de un parque fotovoltaico comprende aquellas actuaciones e inspecciones cuyo objetivo es evitar y detectar posibles fallos en los equipos que puedan traducirse en un posterior evento que implique actuaciones correctivas.

Debe plantearse en intervalos regulares y conforme a los requisitos estipulados por los distintos suministradores de equipos, así como por la normativa aplicable.

El Plan de Mantenimiento de la planta será el documento base a utilizar por parte del operador en las labores de O&M.

Será llevado a cabo de forma tal, que no afecte a las prestaciones de la planta fotovoltaica ni a su disponibilidad o cualquier limitación a la generación derivada de estas tareas. Concretamente, siempre que sea posible, se programará el mantenimiento que afecte a la producción fuera de la jornada de mayor recurso solar, para niveles de radiación bajos (al inicio o al final del día).

Dentro de los trabajos a realizar, se engloban a modo enunciativo las siguientes tareas:

- Inspección y comprobación del correcto funcionamiento de todos los equipos, para garantizar la operatividad de los generadores fotovoltaicos e inversores, de acuerdo con las especificaciones aplicables al parque fotovoltaico, incluyendo inspección visual y comprobación de rendimiento de los equipos.
- Inspección y corrección de conexiones y anclajes.
- Cumplimentación de las fichas de revisiones periódicas, producciones, averías, incidencias externas y almacén de componentes.
- Revisión periódica de los datos monitorizados del día anterior en busca de anomalías. Mantenimiento y calibración de la Estación Meteorológica.
- Inspección de los componentes sometidos a desgaste y su reemplazo, en caso de ser necesario.
- Comprobación de estado del sistema de seguridad.
- Comprobación de estado de los elementos que componen el stock de repuestos.
- Comprobación de estado de todos los equipos que componen el sistema de monitorización, el sistema de comunicación y el sistema de seguridad y vigilancia de la planta.
- Atención de fallos o mensajes y pequeñas reclamaciones que no requieran un mantenimiento correctivo.
- Correcta disposición de los residuos resultantes, incluida su adecuada gestión, así como la poda de parcelas en la medida en que sea necesario.

- Comprobación del correcto funcionamiento de los elementos de protección del parque fotovoltaico.
- Mantenimiento de los inversores y centro de control de la instalación.
- Mantenimiento preventivo y revisión periódica del sistema de avisos instantáneos.
- En general, el mantenimiento de todos los equipos y sistemas que componen el parque fotovoltaico.

Periodicidad del Mantenimiento Preventivo

- En el manual de mantenimiento se establecerá la frecuencia de las tareas descritas. Dicho manual será particular de cada planta, en función de los requisitos operativos requeridos.
- A modo de ejemplo, se muestra la siguiente periodicidad y nivel de actividad aplicable a las tareas descritas anteriormente y en función del elemento a mantener:

Actividades Semestrales

- Inspección visual de la planta.
- Campo generador.
 - Inspección visual de los módulos fotovoltaicos.
 - Limpieza de los módulos fotovoltaicos acorde a las recomendaciones de los fabricantes.
- Revisión general de Inversores.
 - Cambio o limpieza de filtros.
 - Revisión de fuente de alimentación.
- Revisión de estructuras y cimentaciones.
 - Inspección visual de la estructura de la bancada de módulos.
 - Anclajes y fijaciones de módulos a estructura.
 - Revisión y engrase de los elementos mecánicos del seguidor.
- Inspección general de las cajas de conexión de:
 - Series y paralelos.
 - Entrada a inversores.
 - Salida de inversores.
 - Servicios auxiliares.

En todos los casos con el siguiente alcance:

- Inspección de fusibles.
- Revisión y prueba de protecciones.
- Revisión de la puesta a tierra.
- Equipos de baja tensión y cables DC:
 - Comprobación de estado de cables DC.
 - Inspección de protecciones.

- Comprobación de componentes, interruptores y armarios de BT.
- Sistema de Monitorización, estaciones Meteorológicas, sistema de Seguridad:
 - Inspección visual de las estaciones meteorológicas.
 - Inspección visual del sistema de monitorización (SCADA) y sus elementos.
 - Inspección visual del sistema de vigilancia y seguridad.
 - Inspección visual equipos de medida.
 - Inspección visual del sistema de gestión de avisos.
- Transformadores, celdas, cableado AC:
 - Inspección visual de los transformadores.
 - Inspección visual cableado AC.
 - Inspección visual UPS.
 - Inspección de armario de protecciones.
 - Inspección visual y comprobación de los interruptores.
- Eliminación manual de la vegetación que suponga un riesgo funcional o de seguridad.
- Valla perimetral, centros, obra civil:
 - Inspección visual y limpieza de los centros.
 - Inspección visual del vallado perimetral, puertas y cerraduras. Comprobación de no existencia de corrosión.
 - Inspección visual de estado de caminos, drenajes, arquetas.

Actividades Anuales

- Mantenimiento Preventivo de las protecciones eléctricas.
- Mantenimiento Preventivo de los equipos electrónicos: inversores, de acuerdo con las recomendaciones y manuales de mantenimiento de los fabricantes.
- Mantenimiento Preventivo de instalaciones eléctricas: cuadros de protección y distribución (transformadores, celdas, protecciones, cuadros de medida, cuadros de protección cc/ca, etc.).
 - Comprobación de niveles de aceite (si procede).
 - Prueba de seguridad, protecciones y fusibles.
 - Condiciones ambientales de equipos y alojamientos.
- Mantenimiento Preventivo de Servicios Auxiliares (iluminación, ventilación/extracción, etc.).

- Mantenimiento Preventivo y pruebas de funcionamiento de los sistemas de supervisión/monitorización, comunicaciones, generación de avisos, vigilancia y seguridad.
- Mantenimiento Preventivo de las Instalaciones de Conexión.
- Calibración de piranómetros y demás elementos de las estaciones meteorológicas.
- Mantenimiento de la Subestación.
- Cualquier otro mantenimiento que requiera la legislación vigente.
- Control de malezas, control de vegetación, desbroces, control de plagas.
- Dentro del mantenimiento preventivo se incluirá la limpieza de módulos, que incluirán
- Sistemas con o sin rozamiento.
- Sistemas con o sin agua.
- Sistemas manuales o mecánicos.

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo incluye todas las técnicas destinadas a pronosticar el fallo de un equipo, de tal forma que el componente afectado pueda reemplazarse o repararse de forma planificada antes de que falle. De esta manera, la disponibilidad y el tiempo de vida de los equipos se maximiza.

Los métodos de mantenimiento predictivo más habituales son:

- Inspecciones termográficas de:
 - Módulos.
 - Conexiones de baja tensión y media tensión.
 - Seguidores.
 - Inversores.
 - Transformadores.
- Análisis de curvas I-V de los strings de módulos fotovoltaicos.
- Análisis de los parámetros de producción:
 - Temperatura.
 - Orientaciones.
 - Tensión.
 - Corrientes.

Mantenimiento Correctivo

En caso de que se produzca un fallo o avería en la planta, el equipo de mantenimiento realizará las acciones necesarias para corregir la avería y cambiar las piezas

dañados o con fallas, de tal modo que la planta vuelva a funcionar correctamente en el menor tiempo posible.

Dentro del alcance de los servicios de mantenimiento correctivo podrá incluirse:

- El análisis del fallo, mano de obra y material asociado a la acción correctiva y la elaboración de un presupuesto que incluya los materiales necesarios para la reparación o sustitución del equipo dañado.
- La retirada de los equipos o componentes defectuosos, así como su reacondicionamiento (exceptuando los módulos, los cuáles se reemplazarán por nuevos) y puesta en marcha.
- El transporte de los repuestos correspondientes desde el almacén de la planta y el montaje de estos.
- El acopio de repuestos idénticos a los utilizados en el almacén de la planta
- A modo de ejemplo, las tareas correctivas más usuales son:
 - Reemplazo de módulos.
 - Reparación o reemplazo de las estructuras de bancadas de módulos.
 - Sustitución de cableado DC.
 - Reparación o sustitución de elementos de las cajas de control de string o conexiones DC.
 - Reparación o sustitución de elementos de los inversores fotovoltaicos.
 - Sustitución de cables AC.
 - Reparación o sustitución de contadores o elementos de medida.
 - Reparación de vallado perimetral.
 - Pequeñas reparaciones de caminos o
 - Sustitución de sensores en las torres meteorológicas.

Cabe destacar que la sustitución masiva derivada de un evento no cubierto por garantías o causa de fuerza mayor, no debe considerarse dentro del alcance del mantenimiento correctivo. Tales eventos serán ejecutados a través de actividades de mantenimiento extraordinario como servicios adicionales.

Actividades de Mantenimiento Extraordinario

Los trabajos o actividades no incluidos en el alcance especificado anteriormente se deberán considerar como actividades de mantenimiento extraordinarias, y deberán ser presupuestados por separado.

Algunos ejemplos de actividades de mantenimiento extraordinarias:

- Reformas o modificaciones que supongan un cambio sustancial en el parque, en comparación con el proyecto original.
- Sustitución o reparación de los equipos debido a robo o por averías por causas de fuerza mayor.

- Gestión de residuos generados en los trabajos incluidos en el alcance del servicio, a través de los organismos o empresas autorizados.
- Predicción de la producción.
- Flash test.
- Servicios de seguridad.
- Formación.
- Extensión de garantía de seguidores.
- LTSA de inversores.

II.5 Etapa de abandono del sitio

Durante la etapa de abandono del proyecto no está considerado como una medida efectiva a asumirse. Se considera que la vida útil de los equipos que se instalen en etapas iniciales de operación será de cuando menos 30 años. Debido a esto, es difícil establecer de antemano los programas de desmantelamiento y restitución del área del proyecto al término de ésta, ya que pueden darse distintas alternativas de uso de suelo de las instalaciones y del predio, tales como; ser repotenciada alargando la vida útil de la misma conforme el desarrollo tecnológico vaya avanzando en el diseño de nuevos equipos o, al ser desmantelada, utilizar el predio para alojar instalaciones relacionadas con el sector eléctrico, tales como almacenes, oficinas, subestación eléctrica etc. En cualquiera de los casos, se respetará el uso de suelo vigente en el momento del desmantelamiento.

Debe considerarse que la demanda de energía será una constante en el desarrollo de la humanidad y que el aprovechamiento de las energías renovables, en específico como la fotovoltaica, tiene un futuro bastante amplio, no obstante y suponiendo que se enfrentase la eventualidad de abandono del proyecto, una vez que pudiera concluirse su vida útil y ya no resultara rentable renovar el equipamiento implicará aplicar las técnicas y procesos que el desarrollo tecnológico de ese momento aseguren el menor daño ambiental y, por el contrario, una restitución de las condiciones naturales que caracterizan a la zona. Con el empleo de las tecnologías actuales y únicamente para detallar este proceso de manera enunciativa se estima que se tendrían consideradas las siguientes actividades en la etapa de abandono como:

- Desmantelamiento de módulos, retiro de cableado subterráneo, desmontaje de subestaciones de elevación, línea de transmisión, desinstalación del transformador principal, de inversores, equipos de medición, equipo de control y comunicaciones entre otros.
- Retiro de equipo y materiales en su totalidad como soportes y estructuras (bastidores),
- Demolición de cimentaciones y edificaciones (área de operación, almacenes, oficinas administrativas etc.),
- Limpieza y retiro del material de demolición (residuos de manejo especial),
- Limpieza y retiro de residuos sólidos no peligrosos y de residuos peligrosos,
- Acciones de rehabilitación, restauración y/o compensación de las superficies intervenidas como descompactación del terreno (suelo), establecimiento de áreas verdes y/o reforestación,

- Una evaluación de cambios probables en el área como resultado del abandono.

Las fases antes enlistadas consisten en:

Desmantelamiento de equipos (módulos e inversores):

Consiste en el retiro de todos los módulos, retiro de cableado subterráneo, embalado y resguardo temporal, desmontaje de subestaciones de elevación, línea de transmisión, desinstalación del transformador principal, de inversores, equipos de medición, equipo de control y comunicaciones entre otros.

Retiro de equipos y materiales:

Una vez concluida esta operación y estando “limpios” los equipos, el desmontaje mecánico se iniciará, principiando por las partes que el fabricante recomiende. Los equipos desmontados se almacenarán temporalmente en las plataformas de montaje y, posteriormente serán retirados hacia el sitio de disposición final que se determine.

Demolición de cimentaciones y edificaciones:

Las cimentaciones de la infraestructura, de los edificios entre otros serán demolidas, para lo cual se utilizarán equipos neumáticos y vehículos de transporte o los que en ese momento estén disponibles en el mercado.

Retiro de material de demolición (residuos de manejo especial):

El acero de refuerzo será rescatado y llevado a un centro de reciclado. Los restos de concreto serán triturados. Todo el material sobrante será retirado del lugar y canalizado hacia espacios permitidos por la autoridad. Se propiciará el reciclado o reuso como estrategia primordial.

Acciones de rehabilitación, restitución o compensación de las superficies intervenidas:

Lo anterior se establecerá en un plan donde los bancos de tierra vegetal siempre y cuando se cuente con este material serán liberados para utilizar en la restitución del suelo de las áreas intervenidas; se trabajará en el sembrado o en el trasplante de individuos vegetales del propio lugar, bien sea a través del desarrollo de técnicas de trasplante o de obtención de plantas de vivero o de espacios que tengan poblaciones que puedan aprovecharse.

La ubicación del proyecto y el poco tránsito de personas en el espacio que conforma el sistema ambiental del cual se trata y que se espera persista en la etapa final de su vida útil, permitirá una restitución a través de procesos de sucesión natural favorecidos por la rehabilitación de los factores ambientales básicos del espacio, principalmente el suelo.

Se estima que el proceso sea largo, aunque no tanto como el que se utilizó para el montaje y puesta en marcha de la Planta Solar Fotovoltaica; debe considerarse que, en la eventualidad de tener que desarrollar este proceso, el desarrollo tecnológico habrá alcanzado otras dimensiones que muy probablemente faciliten de sobre manera la rehabilitación de los espacios alterados.

El reducido espacio físico que ocuparán los módulos e inversores y las construcciones complementarias facilitarán estas tareas; si acaso el espacio ocupado por la brecha será el más alterado, principalmente por la compactación que se habrá conseguido después de registrarse el tránsito de vehículos por el mismo durante el lapso que vayan a ocupar las operaciones; sin embargo el desarrollo de un trabajo de remoción y escarificación del suelo con equipos mecánicos puede contribuir de manera significativa a su repoblamiento por individuos colonizadores de la vegetación establecida en la zona. De igual forma, se trabajará por lograr la resiembra de individuos vegetales (establecimiento de una plantación) que favorezcan aún más ese proceso de colonización y de sucesión natural.

Evaluación de cambios probables en el área como resultado del abandono:

Se estima que, una vez iniciadas las operaciones de desmontaje de equipos y de su retiro gradual, el paisaje que caracteriza al espacio físico donde se desplantará el proyecto, mostrará las evidencias de la infraestructura que ahí estuvo asentada pero, de igual manera, mostrará su modificación en la medida que se restituyan las condiciones naturales con los trabajos de restauración que elabore la empresa y cuyo programa será presentado a la autoridad ambiental competente, una vez que el promovente decida retirar el proyecto del sitio.

En una fase intermedia que se alcance con la aplicación del programa de restauración, la colonización de espacios restaurados irá conformando un paisaje similar, y cada vez más semejante al de las áreas vecinas. Los trabajos de compensación, traducidos en los parches de vegetación natural que se establecerán en las áreas perturbadas a lo largo de las áreas restauradas, con lo cual el paisaje de la zona deberá ser diferente que el registrado en el T0 (línea base) y con mayores índices de calidad ambiental.

Después de un lapso de 5 a 10 años, es de esperar que la zona en toda su extensión solo registre huellas poco significativas de la infraestructura que ahí se estableció y, la conformación paisajística tendrá una uniformidad propia del entorno natural.

II.6 Mano de obra y maquinaria

El Proyecto contempla llevar a cabo la contratación de mano de obra que desarrolle labores de construcción del Proyecto. Esta mano de obra estará dividida entre trabajadores locales, profesionales del área eléctrica y civil, personal propio y contratistas.

La contratación se realizará de acuerdo con la dotación de personal disponible dentro del Estado de Hidalgo o Estado de México dándoles prioridad a los eventuales trabajadores que residen en los Municipios de Nopala, Huichapan y Polotitlán, o localidades aledañas (Tabla II.14).

Tabla II.14 Estimación del personal a contratar

Etapa de construcción y preparación del sitio	Características y tipo de personal	
	Etapa de operación y mantenimiento	Etapa de desmantelamiento
140 trabajadores indirectos, alcanzando 360 trabajadores durante el pico de trabajo.	6 a 14 personas empleadas para actividades de mantenimiento y monitoreo del Proyecto. Esta cifra podrá variar en función de los requerimientos de la etapa de operación y mantenimiento. Además de personal de vigilancia.	30 trabajadores, cifra que podrá variar de acuerdo con los requerimientos de esta etapa.

De igual manera se desglosa una estimación del equipo previsto utilizar durante las etapas de preparación del sitio y construcción (Tabla II.15).

Tabla II.15 Estimación de la maquinaria a utilizar para la ejecución del proyecto

Etapa del proyecto	Equipo	Horas por día
Preparación del sitio	2 motoniveladoras	10
	1 tractor raspador	10
	5 retroexcavadoras	10
	2 compactadoras	10
Construcción (instalación estructural)	6 hincadores de postes (montado en minicargador o similar)	10
	3 perforadoras	10
	5 grúas horquilla todoterreno (135 HP)	10
	5 grúas horquilla todoterreno (99 HP)	10
	10 mini cargadores / bobcat o similar	10
Construcción (instalación eléctrica)	3 zanjadoras	10
	10 minicargadores	10
	5 cargadoras retroexcavadoras	10
	1 camión grúa	10
Construcción (subestaciones)	1 camión grúa telescópica	10
	2 excavadoras	10
	1 compactadora	10
Construcción (línea de transmisión)	1 camión grúa telescópica	10
	2 retroexcavadoras	10
	1 motoniveladora	10

II.7 Residuos.

Durante las diferentes etapas del proyecto, se prevé la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos.

Se enuncian los tipos de residuos que se prevé podrán generarse en cada etapa del proyecto (Tabla II.16).

Tabla II.16 Residuos generados por actividad a realizar en cada etapa del proyecto

Etapa	Actividades	Residuos generados
Preparación del sitio	<ul style="list-style-type: none"> · Remoción de vegetación (desmonte y despalme). · Trazo y nivelación para el despalme del proyecto, corte y relleno de terreno. · Apertura de zanjas para canalización de cableado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos provenientes del desmonte y despalme. - Productos de excavación. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> · Colocación de los fustes que soportarán los paneles fotovoltaicos o solares. · Habilitación de los viales principales e internos. · Cimentación y montaje de los cuadros eléctricos y los inversores centralizados. · Construcción de las zanjas y arquetas, las subestaciones eléctricas de elevación y maniobras. · Colocación del vallado perimetral y el sistema de alumbrado y seguridad del parque. · Cimentación y montaje de las torres de autosoporte que conformarán la línea de transmisión y habilitación de su derecho de vía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos de cemento. - Restos de acero de refuerzo. - Alambre recocido. - Madera para cimbra. - Empaques de cartón. - Empaques de madera. - Cemento. - Recipientes de plástico. - Restos de cables eléctricos. - Envases de pintura. - Estopas impregnadas de aceite. - Colillas de soldadura. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales. - Aceites usados. - Aceite quemado. - Aerosoles vacíos. - Envases con restos de solventes y pinturas. - Paneles solares dañados. - Sólidos contaminados con hidrocarburos. - Tierra contaminada con hidrocarburos.
Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> · Mantenimiento de los centros de transformación. · Reemplazo de paneles solares dañados. · Limpieza de los paneles solares. · Desbroce de vegetación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Paneles solares dañados. - Agua con tierra. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales.
Desmantelamiento	<ul style="list-style-type: none"> · Desmantelamiento de módulos: retiro de cableado subterráneo, desmontaje de subestaciones de elevación, línea de transmisión, desinstalación del transformador principal, de inversores, equipos de medición, equipo de control y comunicaciones entre otros. · Retiro de equipo y materiales en su totalidad como soportes y estructuras (bastidores). · Demolición de cimentaciones y edificaciones (área de operación, almacenes, oficinas administrativas etc.). · Limpieza y retiro del material de demolición. · Limpieza y retiro de residuos sólidos no peligrosos y de residuos peligrosos. · Acciones de rehabilitación, restauración y/o compensación de las superficies intervenidas como descompactación del terreno (suelo), establecimiento de áreas verdes y/o reforestación. · Evaluación de cambios probables en el área como resultado del abandono. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chatarra. - Aceites usados. - Filtros de aceite. - Envases con restos de solventes. - Baterías usadas. - Producto de demolición. - Residuos orgánicos e inorgánicos. - Residuos sanitarios. Aguas residuales.

Partiendo de la consideración de que cada proyecto es único y que, si bien se pueden considerar impactos dependiendo de la naturaleza de los proyectos, en la realidad es que existen variables tan específicas como el sitio mismo y, éstas interfieren con los resultados previstos. En este sentido, si bien es posible determinar, en términos generales, los tipos de residuos que se obtendrán, las cantidades que se incluyen solo son de referencia y fueron las reportadas durante 10 meses (incluyendo la etapa crítica de construcción), en un proyecto de la misma naturaleza (Tabla II.17).

Tabla II.17 Generación de residuos durante 10 meses de preparación del sitio y construcción

	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Subtotal
	(kg)										
Residuos sólidos urbanos	1,690	1,890	1,400	3,750	3,870	7,740	7,740	7,740	7,740	3,450	47,010
Residuos peligrosos	44.3	287.8	183.0	205.0	100.0	115.0	88.5	98.0	845.0	38.5	2,005
Cartón		803	796	4,855	2,048	36,400	7,387	45,823	46,162.5	0.0	144,275
Plástico		1,577	674	2,130	1,121	360	17,879	4,410	15,387.5	0.0	43,539
Pet		14.5	4.2	52	41.9	31.5	1.7	2.3	0.0	0.0	148
Madera		14,710	9,700	8,040	12,422	36,584	7,548	104,126	62,630	30	255,790
Acero		1,810	790	21.1	14.5	5.6	2.3	2	315.0	14,937	17,898
Subtotal	1,734	21,092	13,547	19,053	19,617	81,236	40,647	162,201	133,080	18,456	510,664

Ahora bien, para determinar el volumen de residuos generado por el embalaje de los paneles, se considera que cada uno equivale a 1 kg de tarima (madera), 0.6 kg de cartón y 0.2 kg de plástico; asimismo, se prevé la colocación de 318,600 paneles en el proyecto, por lo que se tendría una generación de 573,480 kg (573.5 toneladas), aproximadamente de estos residuos.

Para determinar el volumen de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos (RP) y PET que se podrían generar por el desarrollo del proyecto se requiere conocer una serie de variables, como el número total de trabajadores, información que en este momento no es posible determinar, ya que, durante el desarrollo del proyecto, los requerimientos son variables dependiendo de las necesidades particulares del sitio. En este sentido, se consideran valores promedio mensuales determinados a partir de los reportes generados en cuatro proyectos de la misma naturaleza.

Siguiendo el mismo orden de ideas, el valor promedio mensual considerado para RSU fue de 3,471.8 kg; 374.6 kg de PET, y 340.4 kg de RPs por mes. Otro tipo de residuos que usualmente se puede generar en este tipo de proyectos es el acero, el cual proviene de la hincas y el eje donde van montados los paneles; los cuales, en ocasiones, sufren daños al momento de hincar o golpes con las máquinas, por lo que ya no es posible utilizarlo y es desechado. Por lo que, no es posible determinar exactamente el volumen que se podrá generar de este residuo, toda vez que, las buenas prácticas durante la construcción y el cuidado que el personal de obra ponga en su trabajo, incidirá directamente en este rubro, no obstante, al igual que en el caso de los RSU, se obtuvo un valor promedio mensual con fines estadísticos (Tabla II.18).

Tabla II.18 Residuos provenientes del embalaje de paneles

Tipo residuo	Unidad	Pieza	Total
Cartón	Kg/pza.	0.6	191,160
Plástico	Kg/pza.	0.2	63,720
Madera	Kg/pza.	1	318,600
Subtotal		1.8	573,480
Acero	kg/mes	1,790	44,750
RP	kg/mes	340.4	8,510
PET	kg/mes	374.6	9,365
RSU	kg/mes	3,471.80	86,795
Subtotal		5,977	149,420
		Total	722,900

Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se deberán ejecutar las actividades consideradas en el **Programa de manejo integral de residuos (Capítulo VI de la MIA-R)**, en el mismo se encuentran los alineamientos para su manejo, almacenamiento y disposición final en las diferentes etapas del proyecto en completo apego a la normatividad ambiental aplicable y vigente.

II.8 Generación de gases de efecto invernadero

II.8.1 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, CFC, O₃, entre otros.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán emisiones a la atmosfera, principalmente emisiones de ruido y gases de combustión, esto debido al uso de maquinaria, equipos y circulación de vehículos.

Las principales emisiones contaminantes provenientes de gases de combustión a generar en el proyecto serán CO₂, COV, NO_x y SO_x, provenientes de la operación de motores de combustión interna de los vehículos que se utilizaran en el desarrollo de las actividades de construcción, es por eso que se considera llevar a cabo mantenimiento preventivo y, ajustar la operación de los vehículos y la maquinaria a un programa de mantenimiento preventivo que incluya, en los casos que proceda, el cumplimiento riguroso del programa de verificación vehicular establecido por las autoridades competentes el cual considere, entre otras disposiciones, lo establecido en las normas NOM-041-SEMARNAT-2006^{IX}, NOM-044-semarnat-1993^X; NOM-045-

^{IX} NOM-041-SEMARNAT-2006: Norma oficial mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, 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.

^X Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.

SEMARNAT-2017^{XI} y, NOM-167-SEMARNAT-2017^{XII} en las cuales se establecen los límites máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores diésel.

Al igual que a los vehículos, se llevará a cabo el mantenimiento a maquinaria y equipo a utilizar, esto con el fin de minimizar las emisiones de ruido y evitar que rebasen los límites máximos permisibles establecidos en la norma oficial NOM-080-SEMARNAT-1994^{XIII} y, en lo aplicable, la NOM-011-STPS-2001^{XIV}, este mantenimiento se realizará en talleres externos al predio para evitar posibles contaminaciones al suelo.

Como se mencionó con anterioridad a lo largo de este capítulo se solicitará a las compañías subcontratistas que manejen vehículos y maquinaria de construcción, contar con un programa de mantenimiento preventivo y de verificación de éstos, a fin de reducir las emisiones y cumplir con la normatividad pertinente.

II.8.2 Estimar la cantidad de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto

Las celdas fotovoltaicas hacen uso del efecto fotoeléctrico para producir energía eléctrica directamente de la luz. Este efecto se da en ciertos materiales que son capaces de usar fotones para liberar electrones. Estos electrones luego son captados para producir una corriente eléctrica (Cuze, E. Et al., 2011)²⁴. Un panel consiste en un arreglo de celdas conectadas en serie, los que a su vez se conectan en paralelo. El material más utilizado para la fabricación de celdas es el silicio cristalino, debido a que sus propiedades relacionadas con este efecto logran utilizar una gran porción del espectro de luz solar en comparación a otros materiales.

Existen diferentes tecnologías de celdas fotovoltaicas cada una con sus ventajas y desventajas. Las tres más comúnmente utilizadas son: celdas de silicio monocristalino, estas celdas fueron las primeras en ser desarrolladas, su producción es costosa y lenta; tienen la ventaja de ser muy eficientes en comparación a otras tecnologías y tener una gran vida útil, pero suelen ser muy rígidas y frágiles, En condiciones de laboratorio se han logrado eficiencias de hasta un 24% aproximadamente, de un máximo teórico cercano al 30%, pero en condiciones reales este valor se acerca más a un 20% (McEvoy, A. 2013)²⁵; el segundo tipo son celdas de silicio

^{XI} NOM-045-SEMARNAT.2006: Norma oficial mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

^{XII} NOM-167-SEMARNAT-2017: Norma Oficial Mexicana 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.

^{XIII} NOM-080-SEMARNAT-1994: Norma Oficial Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

^{XIV} NOM-011-STPS-2001: Norma Oficial Mexicana Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

policristalino: Este tipo de celdas se desarrolló como una opción más económica de las celdas monocristalinas. Al igual que las celdas de silicio monocristalino, suelen ser bastante duraderas y frágiles. Logran eficiencias cercanas a un 20% en condiciones ideales, y de alrededor de un 15% en condiciones reales [McEvoy, *Op. cit.*]; el tercer y último tipo son las celdas de películas delgadas, las cuales pueden ser de distintos materiales, los más comunes son silicio amorfo, CdTe (Cadmio-Telurio) y CIGS (Cobre-Indio-Galio-Selenio). Suelen ser más flexibles y delgadas que las de silicio cristalino, además, gracias a la naturaleza del proceso de deposición de películas delgadas, pueden adoptar más variedad de formas (Jordan, P.G., 2014)²⁶. Las celdas de silicio amorfo tienen eficiencias alrededor de un 10% y normalmente son usadas en calculadoras de bolsillo u otros aparatos electrónicos de bajo consumo. Por otro lado, las celdas de CdTe y CIGS logran mayores eficiencias (entre 15% a 20%) lo que las convierte una buena alternativa a las celdas de silicio cristalino.

El modelo eléctrico teórico para una celda fotovoltaica se representa mediante la llamada ecuación del diodo, expresada mediante el siguiente algoritmo:

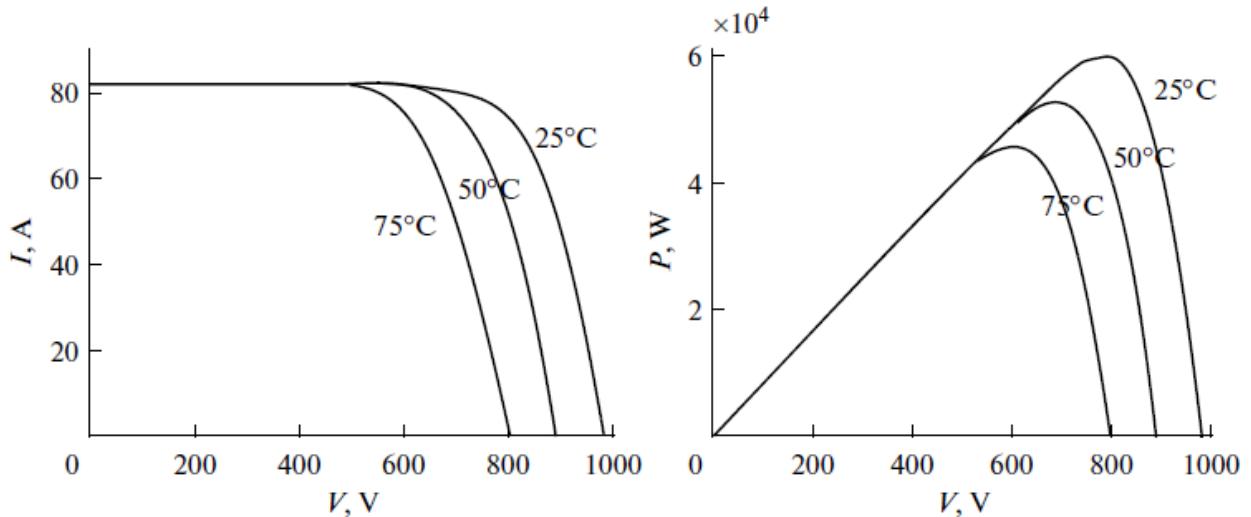
$$I = I_L - I_0 \left(\exp \frac{qV}{nkt} - 1 \right)$$

En el cual:

- I = Corriente de salida [A]
- I_L = Corriente fotogenerada [A]
- I_0 = Corriente inversa de saturación
- q = Carga electrón [C]
- V = Voltaje diodo [V]
- n = Factor de idealidad
- K = Constante de Boltzmann ([J/K])
- T = Temperatura de celda (K)

Basándose en este modelo, se puede relacionar la potencia eléctrica ($P = VI$) con la temperatura de celda mediante la corriente de salida del panel. Esto cuantifica numéricamente que a medida que la temperatura de la celda sea mayor, la potencia eléctrica de salida será menor (Figura II.34).

Figura II.34 Curvas I-V y P-V de un sistema fotovoltaico @G = 1000 W/m², T = 0, 25, 50, 75°C (Almaktara, M. Et al. 2013)²⁷

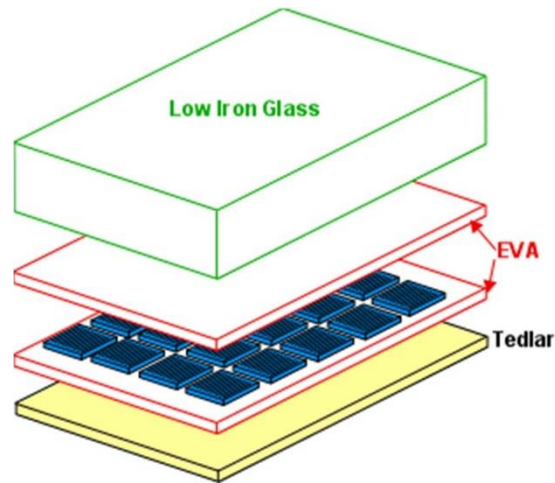


El efecto físico que este modelo representa evidencia la relación con el exceso de energía que contienen los electrones liberados de la capa semiconductor producto de la incidencia de fotones provenientes de la luz, energía que utilizan para pasar de la banda de valencia a la banda de conducción en el semiconductor. El exceso de energía que no es utilizada por los electrones para saltar de banda, se disipa en forma de calor concretando el fenómeno de disipación de energía.

Así, una parte de la energía que las celdas no logran convertir en electricidad es disipada en forma de calor, lo que genera aumentos de temperatura en los paneles (Teo, H.G. Et al, 2011)²⁸. Los aumentos de temperatura disminuyen la potencia total capaz de ser producida y por consiguiente baja la eficiencia (ver gráficas anteriores), y además influyen en la vida útil de las celdas [McEvoy, Op. Cit.]. Según autores la potencia y eficiencia disminuyen a una tasa de 0.5%/°C y 0.05%/°C respectivamente (Kim, J.P., Et al, 2010)²⁹, por lo que, en el diseño de un parque fotovoltaico se hace muy importante el controlar las alzas de temperatura. Por otro lado, cuando las celdas están conectadas en serie, la celda que entrega la corriente más baja es la que limita la corriente del arreglo lo que también disminuye la potencia de salida. Debido a que la eficiencia de las celdas disminuye con la temperatura, la celda a mayor temperatura será la que restrinja la eficiencia del arreglo. Esto es conocido como “*current matching problem*” (Royne, A. Et al., 2005)³⁰.

Por lo expuesto, es importante describir cómo están contruidos los paneles fotovoltaicos, al respecto se cita que poseen una composición relativamente estándar, en la cual los componentes que siempre están presentes son:

Figura II.35 Capas de un panel fotovoltaico



- Vidrio templado, cuya función es proteger a los materiales del interior de la celda y además de servir de filtro de radiación, dejando fuera por ejemplo a gran parte de la radiación UV. Es un vidrio templado con una baja reflectividad lo que permite absorber la luz a diferencia de otros vidrios utilizados en vivienda, consecuentemente ayuda a disminuir la disipación de calor.
- EVA o etileno vinilo acetato es un polímero termoplástico, que se usa en los módulos fotovoltaicos como encapsulante de las celdas generadoras. Éstas se conectan entre sí conformando el núcleo fotovoltaico del panel. Se depositan en un soporte cristalino y se encapsulan mediante EVA, para evitar la entrada de aire o humedad.
- Celda de Silicio, responsable directa de la conversión de energía lumínica en energía eléctrica gracias a sus propiedades de semiconductor.
- Tedlar o fluoruro de polivinilo (PVF), para la parte inferior del panel formada por láminas de Tedlar-Poliéster-Tedlar o Tedlar-Poliéster-EVA. El fin de estas láminas es proteger a las células fotovoltaicas de los efectos degradantes de la radiación ultravioleta y, sirve como aislante eléctrico.

El conjunto es sellado, de modo que, por los laterales no pueda entrar ni humedad ni aire y, se le monta un marco de aluminio para protegerlo y facilitar su manipulación.

Transferencia de calor:

Para analizar el comportamiento de la temperatura al interior de un sistema fotovoltaico hay que reconocer cuales son los mecanismos que tiene la energía para disiparse. Los tipos de transferencia de calor existentes en la naturaleza son tres: conducción, convección y radiación.

Conducción: la conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las menos energéticas como resultado de la interacción entre las

partículas. La conducción puede tomar lugar en sólidos, líquidos y gases. En gases y líquidos, la conducción se debe a la colisión y difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En sólidos, se debe a una combinación de la vibración de las moléculas en un reticulado y el transporte de energía por medio de electrones libres (Cengel, Y.A., Et al, 2015)³¹.

El físico francés Jean-Baptiste Joseph Fourier describió el flujo de calor como proporcional al gradiente local de temperatura y a la conductividad térmica del material, relación hoy conocida como Ley de Fourier.

Convección: la convección corresponde a transferencia de calor dentro de un fluido (líquido o gaseoso). Es similar a la conducción, ya que involucra traspaso de energía debido a movimientos moleculares, pero también se le agrega una transferencia de calor debido al movimiento macroscópico del fluido.

Se le atribuye a Newton el descubrimiento de la llamada ley de enfriamiento que dice que el flujo de calor de un cuerpo al espacio es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y su entorno. En este sentido se describe la ecuación para el cálculo del flujo de calor por convección en estado estacionario

Número de Reynolds: el número de Reynolds es un parámetro adimensional que representa la razón entre las fuerzas inerciales y las viscosas. Su uso más común es identificar si un fluido está en régimen laminar o turbulento.

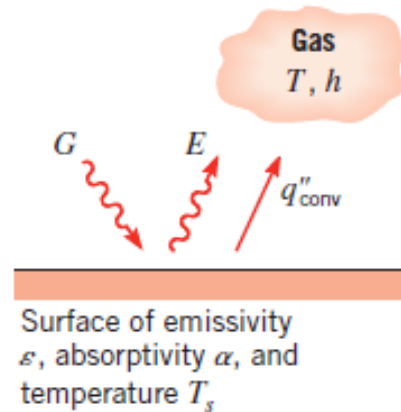
Número de Prandtl: el número de Prandtl provee una medida de la efectividad relativa entre el transporte de *momentum* y energía por difusión en las capas límite de velocidad y térmica, respectivamente.

Flujo turbulento: los modelos de fluidodinámica utilizan conservación de *momentum* y continuidad. Los modelos de transferencia de calor utilizan conservación de energía y dependen de la fluidodinámica.

Radiación: la radiación térmica es energía emitida por la materia a temperaturas diferentes de cero. La energía de este modo de transferencia es debida al transporte de ondas electromagnéticas; a diferencia de los métodos de transferencia de calor anteriores, no se requiere un medio para la transmisión de energía (de hecho, la radiación es más eficiente en el vacío). La ley de Stefan-Boltzmann relaciona la temperatura con la energía máxima que puede irradiar un cuerpo, también llamada radiación de cuerpo negro.

La ecuación de la Ley de Stefan-Boltzmann dice que la radiación que absorbe un cuerpo, es una fracción de la radiación neta que recibe conocida como irradiación. La constante, denominada absorptividad, cumple que $0 \leq a \leq 1$. Si $a < 1$ y la superficie es opaca, una porción de la irradiación es reflejada; si la superficie es semitransparente, una porción de la irradiación también se puede transmitir (Figura II.36).

Figura II.36 Intercambio de radiación en una superficie



Factores de forma: muchas veces se tiene que un cuerpo no está completamente cubierto por otro, debido a esto se introduce un factor de ajuste a la radiación intercambiada, llamado factor de forma.

Los ahorros netos derivados de los principios anteriores, aplicados al diseño de los paneles solares logran una menor temperatura máxima, lo cual implica que se degrade más lento y esto hace, por una parte que aumente su vida útil y, por la otra, que la energía disipada al ambiente disminuya en su intensidad.

En síntesis:

La temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico desempeña un papel clave en el proceso de conversión de energía. Tanto en el rendimiento eléctrico como la potencia de salida del módulo, dependen linealmente de la temperatura de funcionamiento del panel. Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiación solar recibida. Sin embargo, una parte de esta irradiancia se convierte en electricidad y la restante se convierte en calor³². La fracción que se convierte en calor aumenta la temperatura del módulo, formando concentraciones de portadores intrínsecos produciendo una mayor saturación de corriente, lo que provoca una reducción en la eficiencia y deterioro en el panel fotovoltaico, sin embargo gracias a las características de los paneles a utilizar, estos están diseñados para resistir las temperaturas que pueden alcanzarse en los días de máxima irradiación, ya que el panel puede funcionar hasta con una temperatura máxima de +85°C.

II.9 Relación de etapas, componentes y acciones del proyecto que potencialmente pueden incidir en la generación de impactos al ambiente.

Como corolario del ejercicio descriptivo de las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y abandono se y, en apego al modelo de evaluación del impacto ambiental asumido en esta MIA-R (Gómez Orea, D. *et al*, 2013)³³, se identificaron las acciones^{XV} que potencialmente podrían incidir sobre los sub factores y factores del ambiente y que podrían favorecer el surgimiento de impactos; de este ejercicio resultaron 89 acciones y, la etapa que mayor efecto potencial reporta es la de construcción con el 71% del total de las acciones identificadas. Este paquete de acciones del proyecto, conformarán la base de la identificación de los impactos ambientales ya que, al registrar alguna incidencia con los factores y subfactores ambientales podrán determinar el surgimiento potencial de algún impacto a analizar en el capítulo V de esta MIA-R (Tabla II.19).

Tabla II.19 Árbol de acciones identificadas para el proyecto

Etapas	Componente	Acciones	N°	
Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras	1	
		Contratación de personal	2	
	Trazo	Ingreso de personas	3	
		Circulación de vehículos	4	
		Levantamiento topográfico	5	
		Marcaje de áreas	6	
	Preparación del terreno	Ingreso de personas	7	
		Circulación de vehículos	8	
		Circulación de maquinaria	9	
		Desmonte (retiro de vegetación)	10	
		Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	11	
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	12	
Construcción	Generales durante la construcción	Ingreso de personas	13	
		Circulación de vehículos	14	
		Circulación de maquinaria	15	
		Excavación	16	
		Compactación	17	
		Nivelación	18	
		Cortes	19	
		Rellenos	20	
		Generación de residuos	21	
		Riego de áreas de trabajo	22	
		Obras temporales (zonas de acopio, almacenes, campamentos y oficinas)	Adecuación de áreas para el acopio de material retirado	23
			Adecuación de áreas para estacionamiento	24
	Construcción de almacenes temporales		25	
	Construcción de comedor y cocina		26	
		Construcción de oficinas	27	
		Construcción de control del acceso a obra	28	

^{XV} En este ejercicio se entiende por *acción* la parte activa del proyecto que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gomez, O.D., *Op. Cit.*)

Etapas	Componente	Acciones	N°
	Caminos	Rehabilitación de caminos existentes	29
		Apertura y adecuación de nuevos caminos	30
	Abastecimiento de materiales e insumos	Adquisición de insumos y materiales	31
		Traslado de insumos y materiales	32
		Ingreso de personas	33
		Ingreso de vehículos cargados de materiales e insumos	34
		Descarga de insumos y materiales	35
		Planta fotovoltaica	Realización de zanjas para acometida de cables
	Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)		37
	Hincado de fustes		38
	Montaje del seguidor solar a un eje horizontal		39
	Montaje de los módulos fotovoltaicos		40
	Instalación y conexión a cuadros eléctricos		41
	Tendido de cables		42
	Tendido y conexión de red de tierras de la instalación		43
	Instalación de equipos eléctricos		44
	Vallado perimetral		45
	Habilitación de viales internos		46
	Instalación de equipo de seguridad		47
	Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)		48
	Subestación eléctrica		Conformación de plataforma
		Trazo de ejes principales para referencia	50
		Excavación para cimentación	51
		Realización de cimentaciones	52
		Construcción de edificio de control	53
		Construcción de sistema de drenaje (canales y cunetas de salida de agua)	54
		Instalación de malla para sistema de tierras	55
		Construcción de ductos, registros y trincheras para cables eléctricos	56
		Construcción de cerco perimetral	57
		Construcción de pisos terminados	58
		Montaje de estructura mayor y menor	59
		Montaje de equipo primario	60
		Montaje de tableros	61
		Montaje de bandejas en cuarto de control	62
		Montaje de banco de baterías y cargadores	63
		Instalación del sistema de alumbrado exterior	64
		Pruebas preoperativas	65
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	66
	Línea de transmisión	Construcción de cimientos para estructuras	67
		Colocación de sistema de tierras en las estructuras	68
		Montaje de estructuras	69
		Vestido de estructuras	70
		Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza	71
		Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda	72
		Tendido, regulado y engrapado de cables	73
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	74
	Limpieza y reacondicionamiento	Remoción obras provisionales	75
		Retiro de residuos	76
Operación y mantenimiento	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	77
		Supervisión del funcionamiento	78
		Inspección visual	79
		Lavado de paneles solares	80

Etapas	Componente	Acciones	N°
		Comprobación de estado	81
		Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	82
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	83
Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal	84
		Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	85
		Disposición de residuos	86
		Descompactación del suelo	87
		Colocación de tierra vegetal	88
		Trasplante de vegetación	89

- 1 **INEGI, 2018.** Síntesis metodológica del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México. SCIAN 2018. INEGI, 1139.
- 2 **INEGI, 2018.** Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Descarga directa de la liga <http://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- 3 **Diario Oficial de la Federación, 2018.** Ley General de Cambio Climático. 13 del julio de 2018 (última reforma). 58 p.
- 4 **PNUD, 2019.** Objetivos del Desarrollo Sostenible. Descarga directa de la liga <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- 5 **Franco Sánchez, Laura M. 2012.** La migración en el Estado de Hidalgo, un enfoque de desarrollo regional. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). ISBN: 978-607-482-183-3. 182 p.
- 6 **Consejo Nacional de Población (CONAPO - México) y Fundación BBVA. 2019.** Anuario de migración y remesas México. Primera edición. 185 p.
- 7 **INEGI. 2018. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2018.** Consulta disponible en: < <https://www.inegi.org.mx/temas/migracion/>>
- 8 **Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-México (CDI : PNUD). 2010.** Panorama socioeconómico de la población indígena del Estado de Hidalgo: indicadores e información sobre los pueblos indígenas de Hidalgo. 63 p.
- 9 **Alten América 2020.** Ejemplo de agrupación de módulos fotovoltaicos.
- 10 **Canadian Solar 2019.** Dimensiones módulo fotovoltaico. Imagen tomada de: https://cdn.enfsolar.com/Product/pdf/Crystalline/5cee4520a03ef.pdf?_ga=2.161286328.464241901.1594143256-582186279.1594143256
- 11 **Canadian Solar 2019.** Características módulo fotovoltaico. Imagen tomada de: https://cdn.enfsolar.com/Product/pdf/Crystalline/5cee4520a03ef.pdf?_ga=2.161286328.464241901.1594143256-582186279.1594143256
- 12 **Gamesa Electric 2019.** Bloque de potencia. Imagen tomada de: <https://www.gamesaelectric.com/producto/pv-3750/>
- 13 **Gamesa Electric 2019.** Especificaciones técnicas del inversor. Imagen tomada de: <https://www.gamesaelectric.com/producto/pv-3750/>
- 14 **Alten América 2020.** Acercamiento a seguidor solar o tracker.
- 15 **Direct Industry 2018.** Características cable RHZ1. Imagen tomada de: <https://pdf.directindustry.es/pdf/top-cable/topcable-x-volt-rhz1-s-cu-ol-2ol-esp/12473-717951.html>
- 16 **Alten América 2020.** Ejemplo de agrupación de bloque de potencia.
- 17 **Alten América 2020.** Vista aérea de vialidades internas.
- 18 **Alten América 2020.** Ejemplo de excavación de zanjas y tendido de cable.
- 19 **Comisión federal de Electricidad, 2014.** Diseño de subestaciones de transmisión. Especificación CFE DCDSET01, 29 pp.
- 20 **Alten América 2020.** Vista aérea de construcción de subestación de maniobras.
- 21 **Alten América 2020.** Construcción de cimentaciones mayores.
- 22 **Alten América 2020.** Construcción de cimentaciones menores..
- 23 **Modelo de operación de planta solar.** Imagen tomada de: <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1345-central-fotovoltaica>
- 24 **E. Cuce, T. Bali, S. A. Sekucoglu, 2011,** "Effects of passive cooling on performance of silicon photovoltaic cells", International Journal of Low-Carbon Technologies 2011, 0, 1–10.
- 25 **A. McEvoy, T. Markvart, L. Castañer, 2013,** "Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation", Editorial Elsevier.
- 26 **Jordan, P.G. 2014. Solar Energy Markets: An Analysis of the Global Solar Industry. Ed. Elsevier.**
- 27 **Almaktara, M, H.A. Rahmana, M.Y. Hassana, y S. Rahmanb. 2013.** Climate based empirical model for PV Module Temperature estimación in tropical Environmetn. Applied Solar Energy, 2013. Vol. 49. Nº 4, pp. 192-201- En: **Calderon, M:W. 2017.** Diseño y modelamiento de disipadores de calor pasivos en paneles fotovoltaicos para reducción y redistribución de temperatura. Tesis para optar grado de M. en C.I. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Dpto. Ing. Méc. Universidad de Chile.
- 28 **Teo, H.G., P.S. Lee, M.N.A. Hawlader, 2011,** "An active cooling system for photovoltaic modules", Applied Energy 90 (2012) 309–315.
- 29 **Kim, J.P., H. Lim, J. H. Song, Y. J. Chang, C. H. Jeon, 2010,** "Numerical analysis on the thermal characteristics of photovoltaic module with ambient temperature variation", Solar Energy Materials & Solar Cells 95 (2011) 404–407.
- 30 **Royne, A., C. J. Dey, D. R. Mills, 2005,** "Cooling of photovoltaic cells under concentrated illumination: a critical review", Solar Energy Materials & Solar Cells 86 (2005) 451–483.
- 31 **Cengel Y. A., A. J. Ghajar, 2015,** "Heat and Mass Transfer: fundamentals & applications," fifth edition, p. 17,18.

-
- ³² **Cepeda, J, Carmona A., 2017.** Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. Universidad Santo Tomás Bogotá. Descarga directa de la liga:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ³³ **Gómez Orea, D. y Ma. Teresa Gómez Villarino. 2013.** Evaluación de Impacto ambiental. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R

**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**



**CAPÍTULO III. Vinculación con los
ordenamientos jurídicos aplicables
e instrumentos de planeación.**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

III. Vinculación con los ordenamientos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables 1

III.1 Marco Constitucional _____ 2

 III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) _____ 2

 III.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) _____ 3

 III.1.3 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) _____ 7

 III.1.4 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) _____ 13

 III.1.5 Ley General de Vida Silvestre (LGVS) _____ 14

 III.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) _____ 15

 III.1.7 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 17

 III.1.8 Ley General de Cambio Climático (LGCC) _____ 18

 III.1.9 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia de Registro Nacional de Emisiones _____ 19

 III.1.10 Ley de Transición Energética (LTE) _____ 21

 III.1.11 Ley de Aguas Nacionales _____ 22

 III.1.12 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales _____ 22

III.2 Programas de Ordenamiento Ecológico y Desarrollo Urbano _____ 23

 III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT): _____ 24

 III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Hidalgo (POET Hgo) _____ 28

 III.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Río San Juan (POER CRSJ) 39

III.3 Planes y programas sectoriales _____ 49

 III.3.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 _____ 49

 III.3.2 Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo (2016-2022) _____ 50

 III.3.3 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Nopala de Villagrán (PMDUyOTNV) _____ 52

III.4 Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas. __ 56

III.4.1	Áreas Naturales Protegidas (ANP) de jurisdicción federal, estatal o local	56
III.4.2	Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)	57
III.4.3	Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)	58
III.4.4	Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)	59
III.5	Normas Oficiales Mexicanas	61
III.6	Instrumentos jurídicos de carácter internacional	64
III.6.1	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	64
III.6.2	Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidad sobre el Cambio Climático	65
III.6.3	Agenda 2030	66
III.7	Bibliografía	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1	Vinculación del proyecto con la LGEEPA	4
Tabla III.2	Vinculación del Proyecto con el reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental	8
Tabla III.3	Vinculación del proyecto con la LGDFS	13
Tabla III.4	Vinculación con la LGVS	14
Tabla III.5	Vinculación del proyecto con la LGPGIR	15
Tabla III.6	Vinculación del proyecto con el reglamento de la LGPGIR	17
Tabla III.7	Vinculación del proyecto con la LGCC	19
Tabla III.8	Vinculación del proyecto con el reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del registro nacional de emisiones	20
Tabla III.9	Vinculación del proyecto con la Ley de Transición de Energía	21
Tabla III.10	Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales	22
Tabla III.11	Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	23
Tabla III.12	Estrategias establecidas para la UAB 52 en que el proyecto es congruente	26
Tabla III.13	Estrategias sectoriales de la UAB 52 con las que el proyecto guarda similitud	27
Tabla III.14	Asignación de uso de suelo, criterios ecológicos y políticas ambientales de la UGA XXVIII	29
Tabla III.15	Vinculación de los criterios ecológicos de la UGA XXVIII con el proyecto	30
Tabla III.16	Vinculación del proyecto con el uso de suelo y criterios aplicables	45
Tabla III.17	Ejes rectores del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 del estado de Hidalgo	50
Tabla III.18	Congruencia del proyecto con los ejes y las estrategias establecidas en el Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo 2016-2022	51

Tabla III.19 Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el PMDUyOTNV 52

Tabla III.20 zonificación secundaria..... 54

Tabla III.21 ANP’s de competencia federal, estatal y local, cercanas al proyecto 56

Tabla III.22 AICA’s cercanas al proyecto 57

Tabla III.23 RTP’s cercanas al proyecto 58

Tabla III.24 RHP’s cercanas al proyecto 59

Tabla III.25 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables 61

Página intencionalmente sin texto

III. Vinculación con los ordenamientos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables

La evaluación del impacto ambiental, como acto administrativo, tiene como resultado inicial la emisión de un acto de autoridad, a través del cual se niega o se aprueba la solicitud de un proyecto determinado, desde el enfoque de sus efectos en el ambiente. En razón a ello, el capítulo III de la manifestación de impacto ambiental (MIA) concentra el ejercicio de “vinculación” a través del cual el promovente del proyecto ofrece a la autoridad su análisis de cómo su iniciativa se ajusta a las disposiciones de los instrumentos jurídicos, reglamentarios y normativos que le aplican, así como a los instrumentos de planeación jurídicamente vigentes.

Lo anterior, en razón de la acepción con la cual se asume el concepto “vincular” en esta MIA, que deriva de la definición que al respecto hace el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua en los siguientes términos: “Vincular (del lat. *Vinculäre*). Tr. Atar o fundar algo en otra cosa...4. Sujetar a una obligación”, consecuentemente en el presente capítulo, se pone en evidencia de qué forma la iniciativa del proyecto de infraestructura del sector eléctrico que se somete al dictamen de la autoridad competente, cumplir con todos y cada uno de los instrumentos jurídicos que le aplican y con aquellos otros que de manera directa o indirecta se relacionan con el mismo.

Por todo lo anteriormente expuesto, este ejercicio analiza la correlación entre las características y alcances del proyecto Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW, en lo sucesivo “El proyecto” con los instrumentos jurídicos en materia ambiental y de planeación del desarrollo que regulan la ejecución de este tipo de obras de infraestructura eléctrica.

Dicho análisis se realizó inicialmente desde la jurisdicción federal, identificando y vinculando las disposiciones de cada instrumento y determinando como éste se vincula, esto es, como se ajusta al cumplimiento de estas.

En síntesis, se anticipa que esta iniciativa de inversión dará cumplimiento con lo dispuesto por la legislación ambiental vigente y aplicable al caso, de manera que el proyecto asume un proceso de planificación dirigido hacia un esquema de viabilidad ambiental y de sustentabilidad.

III.1 Marco Constitucional

Las disposiciones que derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) no son simples declaraciones, reglas o principios, sino mandatos que, al surgir de un órgano popular constituyen normas obligatorias que deben ser observadas, por ello la esencia de la Constitución y el enfoque que tuvo el Constituyente aseguró que el sujeto obligado directo de sus disposiciones: el Poder Político en su conjunto (Ejecutivo, Legislativo y Judicial), es decir, el aparato Estatal como autoridad, ajustando su actuación a los medios de control del cumplimiento constitucional que define la propia (CPEUM), lo que equivale que estos ciñan su actuación a los límites de sus atribuciones.

El ciudadano (sea este una persona física o una persona jurídica), también denominado “gobernado”, por su propia naturaleza como ente social, conforma el estrato obligado a cumplir la Constitución a través de las Leyes que de ella emanan; en tal sentido, el ejercicio de vinculación que se desarrolla en este documento, expone las características y alcances del proyecto de Planta fotovoltaica vinculado con los instrumentos jurídicos que establecen obligaciones ambientales que cumplir, dado el alcance de la acepción que tiene el término vincular y que es definida al inicio del presente capítulo, asume que es necesario, por su obligatoriedad determinar la congruencia y la forma cómo el proyecto satisface a plenitud las disposiciones normativas derivadas de las Leyes Reglamentarias de los preceptos de la CPEUM en las que se tutelan los principios de preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente.

Las Leyes Reglamentarias derivan de un precepto constitucional específico que en este trabajo de vinculación atañe a principios ambientales y surgen con la finalidad de precisar y desarrollar las obligaciones y derechos para el cabal cumplimiento de la Ley. Fungiendo como un enlace entre los conceptos constitucionales y los medios para su aplicación.

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

En la CPEUM se establece un ordenamiento coercitivo, en el que inicialmente se plasman los derechos mínimos de la sociedad, para que esta pueda desarrollarse, estableciendo no solamente la necesidad de reglas en el trato social, sino una relación de gran importancia como lo es la relación gobernado-gobernante, esto es, la CPEUM establece el Derecho y la Ley que el gobierno del Estado Mexicano, debe respetar y hacer respetar, no solo en su relación con los gobernados, sino en el desenvolvimiento orgánico de la Administración Pública Federal, Estatal o Municipal.

La CPEUM fue originalmente redactada en 1917 adquiriendo diversas reformas desde entonces, la última de las cuales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el ocho de mayo de dos mil veinte.

El proyecto, cuya autorización en materia de impacto ambiental que pretende alcanzar es congruente con la CPEUM por cuanto corresponde a su carácter como norma suprema y de la cual surge todo el orden jurídico nacional. De ella derivan todos los instrumentos jurídicos que norman el marco de acción de los gobernados, siendo trascendental por ser la fuente de las disposiciones normativas que regulan “el proyecto”, todo lo cual se evidencia a lo largo del presente capítulo, con el análisis vinculatorio de los preceptos y las disposiciones de naturaleza ambiental que surgen de leyes, reglamentos normas oficiales mexicanas y, en general de todos los instrumentos jurídicos aplicables.

III.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)¹

Publicada en el DOF el veintiocho de enero de mil novecientos ochenta y ocho, registra su reforma más reciente el cinco de junio de dos mil dieciocho.

La LGEEPA es reglamentaria del cuarto párrafo del artículo 4 y del artículo 25 de la CPEUM, es de observancia General y aborda los aspectos ambientales para su protección, así como la regulación del equilibrio ecológico.

La gestión ambiental del proyecto implica, entre otras consideraciones, desarrollar el análisis de cómo la iniciativa del proyecto se ajusta a las disposiciones de la LGEEPA; el análisis vinculatorio que se desarrolla en las siguientes tablas parte del significado que tiene el concepto de la manifestación de impacto ambiental (MIA), el cual es detallado en la fracción XX del artículo 3º de la LGEEPA en los siguientes términos:

Artículo 3o. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

XXI.- Manifestación del impacto ambiental: El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo;

Con fundamento en la definición citada se elabora el presente documento con la finalidad de dar a conocer el impacto ambiental significativo y potencial que generará el proyecto. En el presente capítulo se argumenta el cumplimiento del proyecto con los ordenamientos jurídicos aplicables y los instrumentos de planeación respectivos, realizando para ello el presente ejercicio de vinculación

Tabla III.1 Vinculación del proyecto con la LGEEPA

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 28. <i>La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</i></p> <p><i>I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboconductos y poliductos;</i></p> <p><i>II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica; [...]</i></p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una planta fotovoltaica cuyos detalles, componentes y alcances se describen en el capítulo II de esta MIA-R.</p> <p>Por lo que se refiere al alcance del artículo 28 de la LGEEPA, el proyecto es una infraestructura del sector eléctrico, por lo que, ajustando la iniciativa al alcance del precepto, se elabora esta MIA-R para solicitar a la autoridad federal competente, la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) adscrita a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la autorización en materia de impacto ambiental.</p>
<p>Artículo 30. <i>Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en él 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. [...]</i></p>	<p>El proyecto cumple esta disposición vinculante al presentar a la consideración de la autoridad federal competente, la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) correspondiente al proyecto y, concebida ésta como “el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría un proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo”. Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA-R. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, es el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, con esa orientación y alcances se integra esta Manifestación, lo cual es una evidencia del cumplimiento de la disposición que se analiza.</p> <p>En tal virtud, ALTEN América, (el promovente), somete a evaluación la presente MIA-R que contiene una descripción de los posibles efectos en los ecosistemas que podrían ser impactados en el Capítulo V, teniendo en cuenta el conjunto de elementos que lo conforman y</p>

Precepto legal	Vinculación
	<p>que se exponen en el Capítulo IV, así como medidas de prevención, compensación y mitigación para reducir al mínimo los posibles impactos que se generen con la ejecución del proyecto lo cual se detalla en el Capítulo VI.</p>
<p>Artículo 35. <i>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 esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, 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, a la modificación del proyecto o al 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</i></p>	<p>Es preponderante asentir que, si bien la disposición contenida en el Artículo 35 de la LGEEPA está dirigida a indicar a la autoridad que conduce el procedimiento de EIA, en términos de lo dispuesto por el primer párrafo del Artículo 28 de la misma ley, en los elementos sustantivos de su trabajo de valoración, la empresa promovente consideró trascendente evidenciar en este apartado cómo satisface el proyecto los rubros sustantivos que la autoridad deberá identificar en los capítulos correspondientes de esta MIA-R, particularmente en el capítulo IV.</p> <p>Si bien es de subrayar que el proyecto se ajusta a las formalidades previstas en la LGEEPA desde el momento mismo en que, con apego en el artículo 28 fracción II de este ordenamiento se asume sin restricciones que el objetivo medular del proyecto está basado en actividades que están sujetas a obtener la autorización previa en materia de impacto ambiental de parte de la SEMARNAT; En el mismo contexto, en el análisis que se desarrolla a lo largo de este capítulo se ofrece la evidencia de cómo el proyecto cumple con las disposiciones contenidas en los programas de desarrollo urbano, programas de ordenamiento ecológico del territorio, declaratorias de áreas naturales protegidas, normas oficiales mexicanas y demás dispositivos normativos aplicables. Demostrando a la autoridad, a través de este ejercicio de vinculación, la viabilidad para autorizar la realización del proyecto.</p> <p>Se han considerado todos los instrumentos y disposiciones jurídicas establecidas en el Art. 35, en los capítulos III, IV, V y VI de este documento. El estudio considera al conjunto de factores que componen el ambiente y no solamente aquellos que serán directamente afectados, lo cual se detalla con la amplitud y contenido necesario en el capítulo IV de la MIA-R.</p> <p>Se hace hincapié que el proyecto no contraviene a lo establecido en la LGEEPA, su reglamento, normas oficiales mexicanas aplicables ni con otras disposiciones, como se demuestra en el presente Capítulo, en el que se abordan de manera vinculante estos dispositivos normativos y en el ejercicio de vinculación se demuestra a la autoridad la acción de cumplimiento con la norma, además de su relación con</p>

Precepto legal	Vinculación
<p><i>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. La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate.</i></p>	<p>los capítulos de la presente MIA-R en los que se aborda con mayor precisión, la forma de cumplimiento. Por otro lado, analizando el alcance de la previsión del supuesto contenido en el inciso b) de la fracción III del artículo 35 de la LGEEPA es importante destacar que para que pudiera declararse la afectación que el proyecto podría ocasionar a cualquier especie con estatus de amenazada o en peligro de extinción, sus obras y actividades deberían incidir de manera negativa sobre la población que constituye a la especie afectando su potencial biótico hasta niveles que comprometan su continuidad; tal alcance es analizado en el capítulo IV de esta MIA, poniendo en evidencia que esta situación no tiene ninguna salvedad que pudiera conducir a que se registra dicha situación, esto es el proyecto no incidirá de manera negativa sobre las áreas de distribución o sobre el tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional, disminuyéndolas drásticamente y poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros. Al respecto se destaca que, conforme a lo detallado en el capítulo IV de esta MIA-R, en ningún caso se destruirá drásticamente el hábitat, ni se efectuará ningún tipo de aprovechamiento de carácter comercial, por lo que no podrá propiciarse el surgimiento de efectos tales como la propagación de enfermedades o el incremento de flujos de depredación; todos estos rubros característicos de la situación que podría prevalecer para que se declarara a alguna especie ubicada en el AiP o en el AeP como especie en peligro de extinción; en este mismo sentido, no existe ninguna posibilidad que indique que la biodiversidad del AiP o del AeP pudiera llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si se mantuvieran operando los factores que pudieran incidir negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones, ya que ninguna de estas condiciones se identifican como atribuibles al desarrollo del proyecto.</p> <p>En adición, tampoco se prevé que se afecte a alguna de las especies potenciales para el AiP o en el AeP, ya que por afectar se entiende la introducción de alteraciones significativas en el hábitat de las poblaciones respectivas que desencadenen su abrupta o gradual e irreversible desaparición y esta situación no se identifica en ningún escenario del desarrollo del proyecto.</p> <p>De igual forma, de acuerdo con el análisis realizado en el capítulo V de esta MIA-R, los argumentos que ponen</p>

Precepto legal	Vinculación
	<p>en evidencia que la afectación a individuos de las especies potenciales que tienen estatus de protección, no podrá provocar que una o más de éstas sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o que se afecte a una de dichas especies, ya que si se considera que los vertebrados terrestres (reptiles y mamíferos) pudieran ser los grupos más susceptibles para recibir potencialmente efectos negativos del proyecto, particularmente durante su construcción, se pone en evidencia que sus poblaciones se encuentran concentradas en áreas fuera del AeP, y que los individuos que ingresan a este espacio geográfico representan una fracción no significativa de tales poblaciones; consecuentemente la afectación probable que pudieran recibir dichos individuos no es significativa, en el contexto del tamaño de sus poblaciones; no obstante debe considerarse que habrán de asumirse medidas preventivas orientadas a minimizar esos efectos negativos sobre individuos de dichas especies, para reducir la intensidad del impacto potencial.</p> <p>Por último, relativo a la veracidad de la información que se proporciona respecto a los impactos ambientales del proyecto que se somete a consideración de la autoridad con esta MIA-R, según lo previene el inciso c) de la fracción III del Artículo 35 de la LGEEPA, además de que el responsable técnico de la MIA-R suscribe la declaración correspondiente bajo protesta de decir verdad, en la medida de lo posible, cuando no se acude a las transcripciones que soporten las metodologías, técnicas o experiencias que aborden rubros relacionados con el tema de que se trate, se ofrece copia de la publicación correspondiente, como un anexo en el capítulo VIII (en archivo electrónico o impresa en papel), el objeto de ello es ofrecer a la autoridad la evidencia de que lo que se manifiesta en la identificación de los impactos correspondientes se ajusta a una realidad o se justifica con evidencias técnicas o científicas.</p>

III.1.3 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)²

Publicado en el DOF el treinta de mayo del año dos mil, teniendo su última reforma el treinta y uno de octubre de dos mil catorce.

El REIA desarrolla los aspectos competenciales y los procedimientos aplicables a la tramitación y resolución de la manifestación de impacto ambiental siendo el dispositivo normativo por excelencia para la realización del presente documento.

Tabla III.2 Vinculación del Proyecto con el reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 3 fracción IX. <i>Esta fracción define el concepto de impacto ambiental significativo en los siguientes términos:</i></p> <p><i>IX. 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.</i></p>	<p>La definición del concepto se asume como un elemento vinculante con el proyecto, toda vez que cuando la LGEEPA define lo que es una manifestación de impacto ambiental (fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA) alude a: “<i>un documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el <u>impacto ambiental significativo</u> y potencial que generará una obra o actividad...</i>”; en tal sentido, en el capítulo V de esta MIA-R se hace un análisis exhaustivo respecto a la identificación y, en su caso, la valoración de los impactos ambientales identificados, tendiente a determinar su significancia con base en los alcances que este mismo instrumento define, esto es, que los impactos identificados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resulten de la acción del hombre, • Provoquen alteraciones en los ecosistemas y en sus recursos naturales, o • Provoquen alteraciones en la salud (de las personas), • Obstaculicen la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, • Obstaculicen la continuidad de los procesos naturales. <p>Sobre la base de esta definición y a los alcances que semánticamente tiene cada uno de los supuestos antes listados, en el capítulo V de esta MIA-R se analiza que el proyecto no ocasionará impactos significativos, aunque, en un enfoque precautorio que el propio promovente aplicó durante la evaluación, es factible aseverar que existirán impactos destacables, es decir, con una grado alto de incidencia, pero sin alcanzar los niveles de los supuestos de significancia antes relacionados, por lo que se asume de manera voluntaria su atención.</p> <p>Con base en el resultado antes citado, de manera complementaria y de acuerdo con la metodología de evaluación del impacto ambiental aplicada en el capítulo V, la detectabilidad de los impactos fue acotada a conceptos que permitieron reconocer los valores más altos (por encima del umbral de valor preestablecido en cuanto a su índice de incidencia y de magnitud)</p>

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 5. <i>Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.</i> K) INDUSTRIA ELÉCTRICA:</p> <p>I. <i>Construcción de plantas nucleoelectricas, hidroelectricas, carboelectricas, geotermoelectricas, eoloelectricas o termoelectricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales;</i></p> <p>II. <i>Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;</i></p>	<p>desarrollados en el ejercicio, pormenorizadamente en el capítulo V de esta MIA-R.</p> <p>El proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una planta fotovoltaica con las características y superficies ya descritas anteriormente. En cumplimiento con lo dispuesto en este artículo y atendiendo a que el proyecto forma parte de la industria eléctrica en un sentido amplio, se somete a dictamen previo la presente MIA-R para obtener su aprobación en materia de impacto ambiental, con lo cual se satisface el alcance de la presente disposición. La naturaleza del proyecto, en términos del REIA, no se encuentra definida como tal (central fotovoltaica), no obstante, su ejecución requiere la autorización previa de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental, por esa razón se estructuró e integró esta MIA-R ya que ese es el procedimiento definido por el Artículo 30 de la LGEEPA.</p>
<p>Artículo 9. <i>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.</i> <i>La información que contenga la Manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias relevantes vinculadas con la realización del proyecto.</i> <i>La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.</i> <i>La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.</i></p>	<p>Conforme al artículo referido, el presente documento conforma la MIA-R a que se refiere el precepto en análisis, en la modalidad que el propio REIA define, por lo que su alcance queda cumplido. El contenido de esta MIA-R se obtuvo de la página WEB de la SEMARNAT la “Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional”, con la que elaboró el documento del cual forma parte este capítulo en el que se ofrece la información relativa a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto. En su capítulo V identifica, describe y evalúa los impactos ambientales que pudiera ocasionar el proyecto, de tal suerte que en el capítulo VI se describen las medidas y los programas de medidas que la empresa compromete ejecutar para evitar, disminuir o corregir tales impactos y, en función de estas acciones, construirá escenarios que aportarán los elementos necesarios para que la autoridad evalúe la pertinencia del proyecto.</p>
<p>Artículo 10. <i>Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:</i></p> <p>I. <i>Regional, o</i> II. <i>Particular.</i></p>	<p>Con el objeto de cumplir con la normatividad ambiental aplicable al proyecto, y, en lo relativo al alcance de esta disposición, el proyecto se traduce a una Manifestación de Impacto Ambiental regional (MIA-R), concebida ésta como el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el <u>impacto ambiental, significativo</u></p>

Precepto legal	Vinculación
	<p>y <u>potencial</u> que generará el proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XXI del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA-R que asegura la vinculación de esta disposición con el proyecto, será el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo que pudiera generar el proyecto y, en esa orientación se integra la presente MIA-R.</p>
<p>Artículo 44. <i>Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="250 751 802 972">I. <i>Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;</i> <li data-bbox="250 974 802 1167">II. <i>La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y</i> <li data-bbox="250 1169 802 1362">III. <i>En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</i> 	<p>En el capítulo IV de esta MIA-R se ofrece a la autoridad la evidencia de que el análisis de los factores ambientales que constituyen el ecosistema se realiza de una manera integral, considerando a todos los elementos que lo constituyen y no únicamente los que van a ser objeto de aprovechamiento o afectación. El contenido de esta MIA-R permitirá a la autoridad dictaminar la procedencia del cumplimiento del proyecto respecto del alcance de la fracción II del artículo 44; en el capítulo IV de la presente MIA se ofrecen evidencias de indicadores que demuestran que el ecosistema en donde se pretende establecer el proyecto no reúne los atributos característicos de un ambiente conservado.</p> <p>Aunado a lo anterior, se ha considerado la implementación de diversas medidas de prevención, compensación y mitigación con el fin de minimizar los impactos ambientales. Asimismo, serán consideradas aquellas medidas adicionales que la autoridad ambiental imponga dentro del oficio resolutorio. Cabe destacar que el área de establecimiento del proyecto (AeP), se ubica fuera de alguna área natural protegida (ANP) o de interés ecológico (AICA, RTP o RHP).</p> <p>Los preceptos contenidos en este capítulo se enfocan a definir las bases para orientar la decisión que habrá de tomar la autoridad, no obstante, es necesario que ésta encuentre los elementos suficientes para poder determinar si el proyecto se ajusta a cada uno de los alcances de la disposición que se analiza. En tal sentido, es conveniente destacar que: por lo que se refiere a los supuestos detallados en cada una de las tres fracciones del artículo en análisis, el proyecto se ajusta a sus alcances, según se demuestra a continuación:</p>

Precepto legal	Vinculación
	<p>Alcances de la fracción I: en lo relativo a la consideración de los efectos de las obras y/o las actividades del proyecto, en el o en los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento y/o afectación, en el capítulo IV de la presente MIA-R se hace la identificación, valoración y el análisis de fragilidad y susceptibilidad de los sub-factores y de los factores de mayor relevancia, constitutivos de los ecosistemas sobre los cuales incidirá el proyecto y no únicamente de aquellos que como el suelo, la vegetación, la fauna y ciertos procesos ecosistémicos, podrán resultar afectados por su establecimiento; esta consideración holística derivó no sólo de la obligación que deviene de la disposición que se analiza, sino de la interrelación que sustenta a la funcionalidad de los ecosistemas y que, deriva en efectos “dominó” cuando un sub-factor del ambiente es afectado de manera irreversible y ello provoca alteraciones de diferente magnitud sobre otros sub-factores interrelacionados; el análisis de las interacciones de los efectos se detalla en el capítulo V, en el cual, la metodología de identificación de impactos empleada permite determinar el alcance de cada efecto para identificar impactos directos, indirectos o inducidos, lo cual requiere del conocimiento integral del conjunto de factores y sub factores de los ecosistemas en los cuales incidirá el proyecto y, por otro lado, permite prever el surgimiento de impactos no previstos por insuficiencia del proceso; en adición el esfuerzo también alcanza al establecimiento de las medidas de reducción, mitigación o compensación de esos efectos (impactos), las cuales se describen en el capítulo VI; con esto queda en evidencia la atención y cumplimiento del alcance de éste apartado del artículo 44 del REIA por parte del proyecto.</p> <p>Alcances de la fracción II: los recursos naturales que serán “utilizados” de forma tal que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos. En lo referente al complemento de la disposición, esto es respecto a la “capacidad de carga” del ecosistema, asumiendo de manera supletoria la definición que respecto a ese concepto establece la fracción III del artículo 3° de la Ley General de Vida Silvestre</p>

Precepto legal	Vinculación
	<p><i>“Artículo 3o.</i></p> <p>...</p> <p><i>III. Capacidad de carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico”.</i></p> <p>Del contenido de la disposición transcrita, resulta notable destacar para efecto del proyecto que nos ocupa, se realizaron los estudios específicos para integrar la MIA-R, diagnóstico ambiental relativo a la descripción de los principales componentes del ambiente y su valoración a nivel ecosistémico asociado en criterios de fragilidad ambiental tomando como variables el tipo de cubierta vegetal, y su estado de conservación; esta relación, en el contexto del análisis del SAR delimitado, permitió conocer cuáles son los principales procesos ecológicos que definen la integridad funcional del ecosistema presente, considerando ésta integridad funcional, bajo la siguiente definición conceptual:</p> <p><i>“Un ecosistema tiene integridad si conserva suficiente biodiversidad, estructuras y funciones (bióticas y abióticas), para mantener su capacidad de auto-organización y complejidad a través del tiempo”.</i></p> <p>Partiendo de la anterior definición, los ecosistemas presentes en el sistema ambiental regional delimitado, para efecto de la construcción del proyecto, muestra una amplia gama de procesos que han ocurrido, y que siguen ocurriendo, producto de la intervención humana, y que continúan modificando la estructura y funcionamiento de los mismos.</p> <p>Por lo tanto, y en este contexto específico, no es posible hablar o determinar sobre la integridad funcional cuando los atributos de los ecosistemas, tanto a nivel de componentes como de procesos, carecen de partes, lo cual, no significa necesariamente que no sigan funcionando o no puedan continuar. Se hace visible que el estado de presión al que están sometidos, supera, por mucho, la capacidad de carga de los mismos, al contar con elementos externos cuya ocupación territorial poco a poco gana terreno sobre las áreas naturales o bien se generan procesos que modifican los valores de</p>

Precepto legal	Vinculación
	<p>conservación de los ensambles y, con ello, la propia estructura de los ecosistemas. Bajo este enfoque y conforme a la información ambiental recopilada, generada y analizada, se está en posibilidad de determinar que el SAR delimitado mantiene un estado de conservación tendiente, aún, a la naturalidad.</p> <p>Las actividades que se desarrollan en el área del proyecto en la condición actual son, de hecho, uno de los elementos que incide en la calidad ambiental del SAR estudiado, toda vez que una gran proporción del terreno ha sido desprovisto de su vegetación nativa, para uso agrícola y de pastoreo, lo cual representa un límite artificial en la continuidad de la vegetación.</p> <p>Bajo este contexto de utilización de recursos existente en el SAR, el proyecto aporta medidas de mitigación, compensación y restauración propuestas en el capítulo VI.</p>

III.1.4 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)³

Publicada en el DOF cinco de junio de dos mil dieciocho.

La LGDFS es reglamentaria del artículo 27 de la CPEUM, es de observancia general y tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. También distribuye y establece competencias en materia forestal.

Tabla III.3 Vinculación del proyecto con la LGDFS

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 93. <i>La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las</i></p>	<p>Dado que el Proyecto se desarrollará en zonas con presencia de vegetación forestal, se presentará el debido Estudio Técnico Justificativo (ETJ) para sustentar la solicitud de autorización del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, de conformidad con lo establecido en este artículo.</p>

Precepto legal	Vinculación
<i>opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.</i>	

III.1.5 Ley General de Vida Silvestre (LGVS)⁴

Publicada en el DOF el tres de julio del año dos mil, siendo su última reforma la publicada el diecinueve de enero de dos mil dieciocho.

La LGVS es reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 de la CPEUM; es de orden público y de interés social, su finalidad es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Es evidente que sus disposiciones vinculan el sentido y alcance de las particularidades del proyecto, especialmente en lo relativo a los efectos que éste pudiera tener sobre las poblaciones de la vida silvestre establecidas en el espacio geográfico donde pretende desarrollarse; en tal sentido se hace el siguiente análisis vinculatorio de sus disposiciones.

Tabla III.4 Vinculación con la LGVS

Precepto legal	Vinculación
Artículo 4. <i>Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación. Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.</i>	Dentro del área propuesta para desarrollar el presente proyecto, se han realizado levantamientos de caracterización biótica del sitio, así como el Sistema Ambiental Regional de los cuales se hallaron dos especies de fauna contenidas en las listas de especies en riesgo u sujetas a protección especial. Derivado de lo anterior, se implementarán programas de protección y preservación de la vida silvestre en el área que nos ocupa; de igual forma, se establecerán programas de manejo de flora y fauna como se detalla en el Capítulo VI de la presente MIA-R.
Artículo 76. <i>La conservación de las especies migratorias se llevará a cabo mediante la protección y mantenimiento de sus hábitats, el muestreo y seguimiento de sus poblaciones, así como el fortalecimiento y desarrollo de la cooperación internacional; de acuerdo con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de las que de ellas se deriven, sin perjuicio de lo establecido en los tratados y otros acuerdos internacionales en los que México sea parte contratante.</i>	La identificación de los impactos potenciales que podrá generar el proyecto, en cada una de sus diversas etapas de desarrollo, pone en evidencia que el área donde serán colocados los bloques de generación y las subestaciones como tal no representan una afectación directa a las poblaciones de vertebrados voladores (aves y murciélagos), aunque no así en lo referente a la línea de transmisión, la cual podría representar un impacto negativo potencial sobre la avifauna presente, siendo que en el capítulo VI se proponen las medidas

Precepto legal	Vinculación
	necesarias que permitan contrarrestar esta posible afectación.

III.1.6 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)⁵

Publicada en el DOF el ocho de octubre de dos mil tres, siendo su última reforma la publicada el diecinueve de enero de dos mil dieciocho.

La LGPGIR es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

La LGPGIR y su reglamento señalan diversos procedimientos administrativos, particularmente aquellos relacionados con el registro e informe anual de generadores de residuos peligrosos y de sus planes de manejo, la emisión de autorizaciones, prestación de servicios, así como aspectos relacionados con la caracterización de sitios contaminados, la evaluación del riesgo ambiental y de las propuestas de remediación y su conclusión.

Tabla III.5 Vinculación del proyecto con la LGPGIR

Precepto legal	Vinculación
Artículo 16. <i>La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.</i>	Los residuos peligrosos serán clasificados y manejados en apego a la normatividad nacional aplicable. En el Capítulo II del presente estudio se da mayor detalle de la clasificación de residuos y su cantidad estimada de generación.
Artículo 18. <i>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.</i>	Los residuos sólidos urbanos generados por el proyecto se clasificarán en orgánica e inorgánicos tal y como se menciona en este artículo. Los residuos sólidos urbanos, serán separados desde su generación y enviados al relleno sanitario autorizado más cercano. Los residuos sólidos inorgánicos que no sean sujetos a reciclaje se enviarán a los sitios de disposición final autorizados por el municipio, por medio de una empresa autorizada contratada para el transporte de los residuos. Para la clasificación, manejo, almacenamiento y disposición de los residuos urbanos se cumplirá como

Precepto legal	Vinculación
	establecido en la LGPGIR y su reglamento, así como las NOM's y el Programa Estatal y/o Municipal correspondiente.
<p>Artículo 19. <i>Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:</i></p> <p><i>III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades...</i></p> <p><i>VII. Residuos de la Construcción, mantenimiento y demolición en general.</i></p>	Durante las actividades de preparación del sitio y construcción se generarán residuos de manejo especial, por lo cual se propone la implementación de un programa manejo integral de los residuos, donde será incluido el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
<p>Artículo. 40. <i>Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.</i></p>	El manejo de residuos se hará conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, la NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993.
<p>Artículo 41. <i>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 esta Ley.</i></p>	<p>Dadas las medidas de seguridad que serán adoptadas por el promovente, no se prevé la existencia de derrames de hidrocarburos sobre suelo natural. Sin embargo, en caso de ocurrir, se realizará el procedimiento de limpieza establecido en el Artículo 129 del RLGPGIR.</p> <p>Durante la ejecución del Proyecto tanto el promovente como el tercero autorizado para su manejo, realizarán el manejo de los residuos peligrosos de manera segura y ambientalmente adecuada considerando los términos previstos en la normatividad aplicable.</p>
<p>Artículo 42. <i>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.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p><i>Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que</i></p>	El Proyecto dispondrá de sus residuos peligrosos por medio de la contratación de empresas prestadoras de servicios para la recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos, para lo cual se deberá de contar con la total certeza de que dichas empresas cuenten con las autorizaciones respectivas por las autoridades competentes.

Precepto legal	Vinculación
<i> cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasionen su manejo.</i>	
Artículo 45. <i> Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.</i>	La identificación, clasificación y manejo de residuos se hará conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento y las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993.
Artículo 54. <i> Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.</i>	La identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diferentes obras sujetas a evaluación se llevarán acorde a la normatividad aplicable y atendiendo a dicho artículo.

III.1.7 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos⁶

Publicado en el DOF el treinta de noviembre de dos mil seis; registra su reforma más reciente el treinta y uno de octubre de dos mil catorce.

Tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Tabla III.6 Vinculación del proyecto con el reglamento de la LGPGIR

Precepto legal	Vinculación
Artículo 35. <i> Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo a lo siguiente:</i> <ol style="list-style-type: none"> <i> I. Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;</i> <i> II. Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante:</i> <i> III. Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.</i> 	El Promovente identificará los residuos peligrosos de acuerdo con lo establecido en este artículo y en la NOM-052-SEMARNAT-2005.
Artículo 39. <i> Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquella será peligrosa. Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo</i>	En caso de que se presente tal situación, el promovente considerará dicha mezcla como residuo peligroso.

Precepto legal	Vinculación
<i>una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso sujeto a condiciones particulares de manejo.</i>	
Artículo 40. <i>La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera.</i>	En caso de contaminación de suelos con residuos peligrosos, el Promovente dará manejo de dicho suelo como residuo peligroso.
Capítulo IV, Criterios de Operación en el Manejo Integral de Residuos Peligrosos Artículos 82, 83 y 84, de la Sección I, Almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos.	Durante el desarrollo del proyecto, se tiene destinado un área de almacenamiento temporal de los residuos dentro del predio conforme a las características y especificaciones establecidas por la legislación de la materia.
Artículos 85 y 86 de la Sección II, Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos.	Para las actividades de recolección y transporte externo de los residuos, ésta se llevará a cabo a través de una empresa prestadora de servicios de la que se cerciorará la promovente que cuente con la autorización correspondiente para prestar los mismos.
Artículos 87 y 88 de la Sección III, Reutilización, reciclaje y co-procesamiento.	Dichas disposiciones resultan aplicables para su observancia y cumplimiento por la empresa prestadora de servicios que en su momento se contrate por el promovente del proyecto.
Artículo 90. De la Sección IV, Tratamiento de residuos peligrosos.	El tratamiento de residuos peligrosos se llevará a cabo de acuerdo con las disposiciones reglamentarias y normativas aplicables, así como los criterios que de esta ley emanen, a través de la empresa prestadora de servicios debidamente acreditada.
Artículos 91,92, 93, 94, 95, 96, 97, 98 y 99 de la Sección V, Disposición final de residuos peligrosos.	La empresa que preste sus servicios durante las etapas de desarrollo del proyecto deberá darle una disposición final a los residuos que se generen, en cumplimiento de las disposiciones jurídicas citadas.

III.1.8 Ley General de Cambio Climático (LGCC)⁷

Publicado en el DOF el seis de junio de dos mil doce, registra su reforma más reciente el trece de julio de dos mil dieciocho.

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Esta Ley tiene entre sus objetivos garantizar el derecho a un ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; así como regular las emisiones de gases

de efecto invernadero y establecer las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Tabla III.7 Vinculación del proyecto con la LGCC

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 87. <i>La Secretaría, deberá integrar el Registro de emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones que se identifiquen como sujetas a reporte. Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley identificarán las fuentes que deberán reportar en el Registro por sector, subsector y actividad, asimismo establecerán los siguientes elementos para la integración del Registro:</i></p> <p><i>I. Los gases o compuestos de efecto invernadero que deberán reportarse para la integración del Registro;</i></p> <p><i>II. Los umbrales a partir de los cuales los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal deberán presentar el reporte de sus emisiones directas e indirectas;</i></p> <p><i>III. Las metodologías para el cálculo de las emisiones directas e indirectas que deberán ser reportadas;</i></p> <p><i>IV. El sistema de monitoreo, reporte y verificación para garantizar la integridad, consistencia, transparencia y precisión de los reportes, y;</i></p> <p><i>V. La vinculación, en su caso, con otros registros federales o estatales de emisiones.</i></p>	<p>Tal como se menciona en el Capítulo II de esta MIA-R, las emisiones a la atmósfera durante la preparación del sitio y la construcción provendrán principalmente de vehículos motorizados y maquinaria, las cuales emiten gases como NO_x, CO_x, y SO_x, así como material particulado proveniente del movimiento de tierras, el cual será esporádico y temporal. En cumplimiento con este artículo, las fuentes móviles cumplirán con la verificación vehicular, en caso de aplicar y se sujetarán a los registros que indique la autoridad.</p> <p>Durante la operación del proyecto no se contempla la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las instalaciones, aunque se generarán emisiones por parte de los vehículos y maquinaria a emplear durante los mantenimientos. Es importante considerar que la producción de electricidad a través de paneles solares es una alternativa más limpia y sostenible que las fuentes de energía convencionales provenientes de los combustibles fósiles actualmente en operación.</p>
<p>Artículo 88. <i>Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del registro.</i></p>	<p>Durante las etapas de preparación de sitio y construcción principalmente, se generarán emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero, a consecuencia del movimiento de maquinaria y equipo las cuales serán temporales y que, de ser necesario, serán reportadas ante el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).</p>

III.1.9 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia de Registro Nacional de Emisiones⁸

Publicado en el DOF el veintiocho de octubre de dos mil catorce.

Desarrolla las disposiciones legales en materia del Registro Nacional de Emisiones (RENE), incluyendo los establecimientos sujetos a reporte y los umbrales para el reporte.

Tabla III.8 Vinculación del proyecto con el reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del registro nacional de emisiones

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 2. Para los efectos del presente reglamento, se considerarán las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley, así como las siguientes:</p> <p>...</p> <p>VI. <i>Establecimiento Sujeto a Reporte:</i> El conjunto de fuentes fijas y móviles con las cuales se desarrolla una actividad productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere emisiones directas o indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero. Las expresiones “fuentes que deberán reportar” y “fuentes sujetas a reporte” a que se refieren los artículos 87 y 88 de la Ley, se entenderán como “establecimientos sujetos a reporte”.</p>	<p>Tal como se menciona en el Capítulo II de la presente MIA-R, el proyecto, únicamente se generarán emisiones a la atmósfera durante las etapas de preparación del sitio y construcción, así como en la etapa de abandono y cierre.</p> <p>Durante la etapa de operación del proyecto y dada la naturaleza del mismo, no se generarán emisiones ya que utilizará como fuente de energía la solar para generar electricidad.</p>
<p>Artículo 3. Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifica como sectores y subsectores en los que se agrupan los establecimientos sujetos a reporte, los siguientes:</p> <p>I. <i>Sector Energía:</i> Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad... [...]</p>	<p>El proyecto consiste en una planta fotovoltaica, que pertenece al sector energía y al subsector generación, por lo que de acuerdo con los artículos 3 y 4 del presente reglamento, es un establecimiento sujeto a reporte. Al ser un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de energía solar, no se contempla la generación de emisiones contaminantes a la atmósfera.</p>
<p>Artículo 4. Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes:</p> <p>Sector Energía: Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad:</p>	
<p>Artículo 5. Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento, son:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. <i>Bióxido de carbono;</i> II. <i>Metano;</i> III. <i>Óxido nitroso;</i> IV. <i>Carbono negro u hollín;</i> V. <i>Clorofluorocarbonos;</i> VI. <i>Hidroclorofluorocarbonos;</i> VII. <i>Hidrofluorocarbonos;</i> VIII. <i>Perfluorocarbonos;</i> IX. <i>Hexafluoruro de azufre;</i> X. <i>Trifluoruro de nitrógeno;</i> XI. <i>Éteres halogenados;</i> XII. <i>Halocarbonos;</i> XIII. <i>Mezclas de los anteriores, y</i> 	<p>De acuerdo con el capítulo II del presente estudio, las únicas emisiones que se generarán a la atmósfera son aquellas derivadas de la combustión generada en los vehículos y maquinaria, y material particulado del movimiento de tierras durante la etapa de preparación del sitio, construcción y abandono.</p> <p>Durante la operación del proyecto no se contempla la emisión de gases de efecto invernadero, de acuerdo con el listado del presente artículo.</p> <p>El proyecto consiste en la generación de energía eléctrica a partir de energía solar, por lo que no se contempla la generación de este tipo de emisiones durante la operación.</p>

Precepto legal	Vinculación
XIV. <i>Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.</i>	
<p>Artículo 6. <i>Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus emisiones directas o indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 toneladas de bióxido de carbono equivalente.</i></p> <p><i>La suma anual a la que se refiere el párrafo anterior resultará del cálculo de las emisiones de cada una de las fuentes fijas y móviles identificados en dichos establecimientos sujetos a reporte.</i></p>	El proyecto consiste en una planta fotovoltaica, por lo que sus emisiones serán principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. En caso de que durante estas etapas la suma de emisiones directas o indirectas sea igual o superior a 25,000 toneladas de CO ₂ equivalente anual, se presentará la información correspondiente.

III.1.10 Ley de Transición Energética (LTE)⁹

Publicada en el DOF el veinticuatro de diciembre de dos mil quince.

Es reglamentaria de los párrafos 6 y 8 del artículo 25 de la CPEUM, tiene por objetivo regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

Tabla III.9 Vinculación del proyecto con la Ley de Transición de Energía

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 3. <i>Para efectos de esta Ley se considerarán las siguientes definiciones:</i></p> <p>(...)</p> <p>XVI. <i>Energías Renovables: Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes. Se consideran fuentes de Energías Renovables las que se enumeran a continuación:</i></p> <p>(...)</p> <p>b) <i>La radiación solar, en todas sus formas;</i></p>	El proyecto se ha definido como energía renovable de conformidad con la presente ley, debido al aprovechamiento de la radiación solar, la cual podrá ser transformada en energía aprovechable.
<p>Artículo 6. <i>Los integrantes de la industria eléctrica en general, así como los usuarios calificados participantes del mercado eléctrico mayorista, sean de carácter público o particular, y los titulares de los contratos de</i></p>	La Planta Fotovoltaica pertenece al sector energético; el cual es generador de energía a partir de fuentes limpias como es la solar, tiene el compromiso del

Precepto legal	Vinculación
<i>interconexión legados estarán obligados a contribuir al cumplimiento de las metas de energías limpias en los términos establecidos en la legislación aplicable.</i>	cumplimiento de las metas de energías limpias en los términos establecidos en la ley que compete.

III.1.11 Ley de Aguas Nacionales¹⁰

Publicado en el DOF el primero de diciembre de mil novecientos noventa y dos; registra su reforma más reciente el seis de enero de dos mil veinte.

La presente Ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales, es de observancia general en la República mexicana y se vincula con el proyecto de la siguiente manera.

Tabla III.10 Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales

Precepto legal	Vinculación
<p>Artículo 20. – (...) <i>La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de “la Comisión” por medio de los organismos de cuenca, o por ésta cuando así le compete, de acuerdo con las reglas y condiciones, que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan.</i></p>	<p>Considerando que la zona de aplicación del proyecto carece de servicios de suministro de agua necesarios para la obra civil, servicios sanitarios y de higiene, se contratará a empresa diversa a fin de contar con el abastecimiento del hídrico necesario para tales fines. Las aguas residuales serán manejadas en obediencia a las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-006-CNA-1997 que en lo sucesivo se vinculan. El agua utilizada o a utilizarse, en ningún momento será sujeta a tratamiento. Dicho abastecimiento de agua se realizará por medio de terceros, supervisando que los prestadores del servicio de abastecimiento sean titulares de las concesiones, autorizaciones y permisos vigentes, debidamente expedidos a su favor por la Comisión Nacional del Agua o autoridades competentes</p>
<p>Artículo 28. - Los concesionarios tendrán los siguientes derechos: <i>I. Explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y los bienes a que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley, en los términos de la presente Ley y del título respectivo;</i> <i>II. Realizar a su costa las obras o trabajos para ejercitar el derecho de explotación, uso o aprovechamiento del agua, en los términos de la presente Ley y demás disposiciones reglamentarias aplicables;</i> <i>III. Obtener la constitución de las servidumbres legales en los terrenos indispensables para llevar a cabo el aprovechamiento de agua o su desalojo, tales como la de desagüe, de acueducto y las demás establecidas en la legislación respectiva o que se convengan.</i></p>	

III.1.12 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales¹¹

Publicado en el DOF el doce de enero de mil novecientos noventa y cuatro; registra su reforma más reciente el veinticinco de agosto de dos mil catorce.

El presente ordenamiento, reglamenta la Ley de Aguas Naturales, vinculándolo con el proyecto que nos ocupa con base en el artículo siguiente:

Tabla III.11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Percepto legal	Vinculación
<p>Artículo 135. – Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:</p> <p>I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento;</p> <p>II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;</p> <p>III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;</p> <p>IV. Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;</p>	<p>Debido a la utilización de agua para obra civil, servicios sanitarios y acciones de higiene, se generarán aguas residuales que serán manejadas adecuadamente y dirigidas a su disposición final de acuerdo con el reglamento en cita, de conformidad con el artículo que se vincula.</p>

III.2 Programas de Ordenamiento Ecológico y Desarrollo Urbano

El ordenamiento ecológico del territorio es uno de los instrumentos de la política ambiental (fracción XXIV del artículo 3° de la LGEEPA), cuyo objetivo es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación^{II} y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos; esta definición es transcrita de la que establece la LGEEPA en la fracción XIII de su artículo 3°.

Respecto a este instrumento la LGEEPA dispone cuatro distintos tipos de Programas: el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales (POER's), los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL's) y los Programas de Ordenamiento Ecológico Marinos.

Del análisis anterior, queda en evidencia que, dependiendo de la naturaleza, características y fundamento de cada uno de los cuatro diferentes tipos de programas de ordenamiento ecológico antes señalados, algunos de ellos regulan el uso de suelo y las actividades productivas, en tanto que otros inducen a la regulación del uso del suelo y de las actividades productivas a través de lineamientos y estrategias orientadas a la preservación, protección, restauración y

^{II} Preservación: el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales (fcc. XXIV, artículo 3° de la LGEEPA).

aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como para la localización de actividades productivas y de los asentamientos humanos.

La relación de estos programas, en materia del cumplimiento ambiental de sus disposiciones, con las iniciativas de obras y actividades, por parte de los gobernados se sustenta en la aplicación del derecho vigente, es decir, en la observancia de los instrumentos vigentes, entendiéndose por éstos a los instrumentos que se encuentran en vigor dentro de un ámbito territorial determinado y que el estado considera obligatorios.

Basado en lo anterior se hace el siguiente análisis de la procedencia de considerar la aplicabilidad de los programas de ordenamiento jurídicamente vigentes y cuyo alcance incide sobre el espacio territorial que ocupará el parque fotovoltaico y su área de influencia del proyecto.

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)¹²:

Este instrumento entró en vigor el 8 de septiembre de 2012, de acuerdo a la disposición establecida en el transitorio único del Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre del mismo año.

El Decreto correspondiente se fundamenta en cuatro artículos, el segundo de los cuales establece:

ARTICULO SEGUNDO. - En términos del Artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio será de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vinculará las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática (el subrayado es nuestro).

Se destaca en esta disposición que la observancia obligatoria vincula las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales, esto es, a través de esta vinculación se concreta el carácter inductivo de este instrumento hacia los particulares. Además, en su artículo tercero, el Decreto dispone:

ARTICULO TERCERO. - De conformidad con el Artículo 34 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal deberán observar el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio en sus

programas operativos anuales, en sus proyectos de presupuestos de egresos y en sus programas de obra pública.

Esta disposición confirma el carácter de cumplimiento obligatorio del POEGT por parte de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, hecho que se confirma con el alcance que se define en el quinto párrafo del capítulo introductorio del POEGT, mismo que se expresa en los siguientes términos:

El ROE establece que el objeto del POEGT es llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio nacional y de las zonas sobre las cuales la nación ejerce soberanía y jurisdicción, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial. Asimismo, tiene por objeto establecer los lineamientos y estrategias ecológicas necesarias para, entre otras, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas; apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la APF. (El subrayado es nuestro).

Con base en lo antes expuesto, resulta obvio el carácter inductivo del POEGT y a ello se añade la limitación que surge de la escala de trabajo a la que se desarrollaron las herramientas sobre las que se constituyó este instrumento.

Regionalización ecológica: la regionalización ecológica comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo; la interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades, de esta manera se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 espacios geográficos denominados Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), representados a escala 1:2'000,000 y que fueron la base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico y, así mismo, para construir la propuesta del POEGT. A su vez a cada una de las UAB se le asignaron lineamientos, políticas y estrategias ecológicas específicas con el objetivo de orientar en la toma de decisiones sobre la ubicación de las actividades productivas y los asentamientos humanos en el territorio, así como fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.

Se destaca que, independientemente del carácter inductivo del POEGT, en este apartado de la MIA-R se hace un análisis de la forma en que el proyecto se alinea a las disposiciones y a las estrategias sectoriales definidas por el instrumento, esto es, cómo el proyecto ofrece coincidencias con los lineamientos inductivos del POEGT. Además es conveniente precisar

que la definición que presenta la guía^{III}, en relación al espacio geográfico en el cual pretende establecerse el proyecto, esto es el sistema ambiental regional (SAR), incorpora en dicha definición precisamente el carácter regional del enfoque que debe darse al documento que integre los estudios que sustenten a la MIA-R y, por lo tanto, el esquema de regionalización utilizado para delimitar el SAR (Capítulo IV de esta MIA) fue el que define a la Región Ecológica 18.20 en la UAB 52 denominada “Llanuras y Sierras de Querétaro Hidalgo”.

En la tesis de los alcances del POEGT se destaca que, solo las estrategias relativas a la protección de los recursos naturales y a la restauración, integradas al grupo I (dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio) son consideradas en el presente ejercicio pues en ellas se registran coincidencias que pudieran evidenciar la congruencia del proyecto con el POEGT, ello justificado por el hecho de que el proyecto además de que tampoco incidirá sobre el sistema social o de infraestructura urbana en los términos y alcances que define el propio POEGT, ya que su trayecto se establecerá exclusivamente sobre terrenos rurales. Por lo que se refiere a las estrategias orientadas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional, resulta obvio que están dirigidas a la actuación de diferentes órdenes de gobierno y no a los particulares.

La Unidad Ambiental Biofísica N° 52 tiene asignada una política ambiental de restauración y aprovechamiento sustentable; esta unidad está comprendida al sur de los Estados de Hidalgo y de Querétaro. Cubre una superficie aproximada de 14,532.32 km², la cual, para el año 2008, contaba con una población de 3’054,540 habitantes. A continuación, se presentan las estrategias previstas para esta UAB 52, con las cuales el proyecto es congruente.

Tabla III.12 Estrategias establecidas para la UAB 52 en que el proyecto es congruente

UAB/Región	Estrategias sectoriales
UAB 52 región 18.20	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14,

De la Región y Unidad Ambiental Biofísica citada, se desprende que las políticas ambientales correspondientes son las de Restauración y Aprovechamiento Sustentable, políticas que se enuncian para describir la concurrencia del proyecto con las mismas.

- Restauración. Acciones dirigidas a la reducción, mitigación y recuperación de los posibles daños causados al medio físico, derivando la continuidad del ecosistema natural.
- Aprovechamiento Sustentable. Explotación de un recurso natural a través de procesos de extracción, transformación y utilización, entre

^{III} Sistema ambiental (regional): espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abióticos, bióticos y socioeconómico **de la región** donde se pretende establecer el proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento.

otros, respetando su integridad funcional o promoviendo su recuperación, garantizando su permanencia.

Tabla III.13 Estrategias sectoriales de la UAB 52 con las que el proyecto guarda similitud

Estrategia sectorial
1. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio
A) Dirigidas a la preservación
1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.
2. Recuperación de especies en riesgo.
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.
B) Dirigidas al aprovechamiento sustentable
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales.
5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.
8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Dirigidas a la protección de los recursos naturales
12. Protección de los ecosistemas.
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Dirigidas a la restauración
14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.

En conclusión, y sobre la base del alcance descrito en los textos antes transcritos y analizados se confirma el carácter inductivo del POEGT para el gobernado y, consecuentemente su carácter nugatorio para los efectos de este análisis vinculatorio. Por lo antes expuesto y desde el enfoque inductivo del POEGT se concluye que, el presente proyecto es viable, procedente y congruente con las políticas ambientales, de igual forma con las estrategias de la UAB 52, tal como ha quedado justificado en el presente apartado.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Hidalgo (POET Hgo)

Este instrumento fue decretado el 2 de abril de 2001. En el año 2009 fue reformado^{IV}, habiendo modificado algunos de sus criterios ecológicos, específicamente los de equipamiento e infraestructura (Ei), construcción (C), flora y fauna (Ff) y, manejo de ecosistemas (Mae).

Este ordenamiento define la asignación de usos de suelo, criterios ecológicos y políticas ambientales dentro de cada una de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA's), las cuales se caracterizan por la uniformidad de sus atributos naturales y/o por la problemática ambiental que enfrentan; su delimitación se alcanzó a través de la superposición cartográfica dando lugar a una regionalización concretada en las "unidades geoecológicas". El mapa resultante identificó 33 UGA's y, el AeP incide en el número XXVIII, la cual tiene establecida una política ambiental de restauración, que es definida en los siguientes términos: Restauración. – Esta dirigida a revertir los problemas ambientales o su mitigación, la recuperación de tierras no productivas y el mejoramiento de los geosistemas en general con fines de aprovechamiento, protección y conservación.

Con base en lo anterior, es importante destacar cómo define el POET Hgo al concepto de **política ambiental o política ecológica**: *"... son un instrumento de gran utilidad para la toma de decisiones y mediante ellas es posible establecer la intensidad en el uso de los recursos, las prioridades en el fomento de las actividades productivas e incluso desincentivar algunas de ellas, en función de su compatibilidad con el medio natural"*; las políticas ambientales se concretan en mandatos específicos para cada tipo de uso de suelo definido por el POET Hgo a través de los **criterios ecológicos**, estos se conciben en el instrumento como: *"los lineamientos obligatorios destinados a conservar y restaurar el equilibrio ecológico, al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y a proteger al medio ambiente; para este programa se definieron y agruparon en cada una de las Unidades de Gestión Ambiental, considerando los principales usos de suelo y actividades productivas"*.

Bajo estas consideraciones es importante acotar que por lo que se refiere a la asignación de usos de suelo, el POET Hgo define cuatro usos básicos o **predominantes**: agrícola, forestal, áreas naturales protegidas y flora y fauna; en este sentido, el propio POET Hgo define a este tipo de usos de suelo como el *"uso del suelo o actividad establecida con un mayor grado de ocupación en la unidad territorial, cuyo desarrollo es congruente con las características y diagnóstico ambiental. Uso del suelo o actividad que se quiere incentivar en función de las metas estratégicas regionales"*. En este rubro, el uso predominante se complementa con el **uso condicionado**, mismo que el POET Hgo lo tipifica como: *"el uso del suelo o actividad actual que tiene una Unidad de Gestión Ambiental, que por su incompatibilidad con las condiciones físicas y*

^{IV} Decreto publicado el 16 de febrero de 2009 en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo.

*bióticas del terreno donde se localiza, deberá de limitarse con criterios ecológicos que restrinjan su crecimiento e incentiven su modificación para evitar el deterioro de los recursos naturales. Uso del suelo o actividad actual que se encuentra desarrollándose en forma incompatible con las características y diagnóstico ambiental de la unidad territorial. Uso del suelo o actividad de apoyo al predominante que requiere regulaciones estrictas especiales”; de forma complementaria, se integra la clasificación del uso del suelo con la categoría de **uso compatible** el cual se refiere al “uso del suelo o actividad actual que puede desarrollarse con el uso predominante, pero que requiere una mayor regulación en virtud de las características y diagnóstico ambiental de la unidad territorial”.*

A continuación, se presentan la política ambiental, uso predominante, uso compatible, uso condicionado y criterios ecológicos establecidos para la UGA XXVIII (Tabla III.14).

Tabla III.14 Asignación de uso de suelo, criterios ecológicos y políticas ambientales de la UGA XXVIII

UGA	Política ambiental	Uso predominante	Uso compatible	Uso condicionado	Criterios ecológicos
XXVIII	Restauración	Agrícola	Pecuario. Turismo alternativo. Ecológico. Flora y fauna.	Industrial. Infraestructura. Urbano. Minero.	<p>Ag. - 2, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 42, 44, 45, 46, 47, 48.</p> <p>P.- 2, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 33.</p> <p>Mi.- 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.</p> <p>Fo. - 4, 8, 13, 16.</p> <p>Ah. - 1, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 25, 26, 27, 28, 29.</p> <p>In.- 1, 2, 3, 4, 9, 11, 13, 16, 17, 18.</p> <p>Ei.- 1, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 38, 39, 41, 46, 47, 49, 50, 51, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 82, 83.</p> <p>C.- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19.</p> <p>Tu.- 17, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40.</p> <p>Ac.- 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 37, 38.</p>

UGA	Política ambiental	Uso predominante	Uso compatible	Uso condicionado	Criterios ecológicos
					<p>Pe. - 1, 6, 7, 8.</p> <p>Ff.- 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 16, 18, 27, 28, 29, 30.</p> <p>Mae. - 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 24, 27, 34, 35, 36, 43, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 59.</p>

De acuerdo con el POET Hidalgo la UGA XXVIII presenta las siguientes características:

- **UGA XXVIII.** – El valle de altura media de 2,200 msnm, en una superficie de 826.3 km² de basalto y vulcanitas, donde se asientan importantes desarrollos urbano-industriales y mantiene un acelerado crecimiento, se conecta por un eje principal a la ciudad de México. Tiene un uso predominante agrícola con niveles críticos de deterioro por lo tanto deberán aplicarse medidas de restauración, manteniendo su uso actual. Abarca parte de los municipios de Tepeji del Río de Ocampo, Tula, Chapantongo, Nopala y Tepetlán.

De lo anterior cabe resaltar que la unidad en la que pretende insertarse proyecto es un espacio geográfico en el cual ha predominado el uso agrícola y donde también existen en la actualidad desarrollos urbanos e industriales.

De acuerdo a las definiciones del POET Hgo y al objetivo y naturaleza del proyecto: aprovechamiento de la luz del sol para convertirla en electricidad, en un proceso físico que confiere al sistema la tipología de un proceso de producción basado en la conversión de energías limpias o renovables, sin la generación de emisiones o vertidos residuales; los usos de suelo del POET Hgo en los cuales puede presumirse la ubicación del parque fotovoltaico, podrían ser: el uso industrial, el uso de equipamiento e infraestructura y el uso de construcción, por lo cual a continuación se hace el análisis preliminar del significado y del alcance de la vinculación con el uso de suelo respectivo y, posteriormente con los alcances de los criterios ecológicos que se establecieron para cada uso.

Tabla III.15 Vinculación de los criterios ecológicos de la UGA XXVIII con el proyecto

Nº	Criterios ecológicos	Vinculación con el proyecto
Industria (In)		
	Por uso industrial se entiende, en esta MIA-R al espacio geográfico del territorio que puede albergar un conjunto de instalaciones, fábricas y plantas en las cuales se desarrollen tecnologías de transformación de materias primas para obtener productos tangibles con características propias denominados bienes industriales o manufacturas.	
	<u>Análisis preliminar de vinculación con el uso de suelo:</u> de acuerdo a la conceptualización de industria antes detallada, las características, objetivos y alcances del proyecto no se ajustan al mismo, más bien	

corresponden a obras y actividades del sector energía y particularmente de la energía eléctrica; en tal sentido al analizar la Ley de la Industria Eléctrica en la búsqueda de una definición del concepto de interés (industria) esta Ley no ofrece ninguna clarificación al respecto, sin embargo, entre sus diversas disposiciones, en su artículo 2º define: *“La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. El sector eléctrico comprende a la industria eléctrica y la proveeduría de insumos primarios para dicha industria. Las actividades de la industria eléctrica son de interés público”...*, con base en lo anterior, el alcance del concepto industria refiere al conjunto de infraestructura que se asocia a la prestación del servicio eléctrico a los usuarios finales; en este mismo sentido y para ahondar en la determinación del significado de la actividad “industria” el INEGI, (2013)¹³ diferencia entre el concepto “industria” y las actividades económicas del sector de la energía eléctrica; así, el concepto industria se incluye en las actividades manufactureras bajo la siguiente acepción: *“Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos, al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares...”*; por lo que se refiere a las actividades económicas relacionadas con la energía eléctrica, estas quedan incorporadas en el sector 22 bajo la denominación de *“Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica...”* dentro de la cual considera, de manera íntegra, sin diferenciar la naturaleza de la fuente principal de energía viento, agua, luz solar, etc., que aprovecha la planta respectiva para generar electricidad, así como la transmisión y distribución a través de infraestructura correspondiente como pueden ser las subestaciones de elevación de maniobras y el cableado, las torres o postes que se empleen para tal efecto.

En el mismo sentido el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española (2011), define a la industria como *“2 Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. 3 Instalaciones destinadas a estas operaciones...”*; por todo lo antes expuesto y en consecuencia de ello, el proyecto de central fotovoltaica no forma parte de la industria y, ante tal consecuencia, el análisis de vinculación con los criterios que regulan el uso de suelo industrial que se desarrolla a continuación no establece una aceptación de que el proyecto constituya una industria, sino simplemente el hecho de que, el carácter sustentable de este tipo de infraestructura le permite alinearse y coincidir con objetivos tendientes a la preservación del ambiente.

1	Todo proyecto de obra que se pretenda desarrollar, deberá ingresar al procedimiento de evaluación de impacto ambiental.	Salvando el supuesto de que el proyecto constituya una industria, el alcance del criterio en cita encuentra un hecho satisfactorio al estarse formulando esta MIA-R, como un hecho que cumple a su vez con lo dispuesto en el artículo 9º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), para dar a conocer a la autoridad el impacto ambiental significativo y potencial que podrá generar el proyecto (Fcc. XXI, Art. 3º LGEEPA), lo cual constituye la esencia del procedimiento de evaluación del impacto ambiental
2	Las industrias que se establezcan deberán apegarse a la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996.	Salvando el supuesto de que el proyecto constituya una industria, el uso y manejo de agua en el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se limita al recurso de líquido para consumo humano (lo cual queda fuera del alcance de ambas normas oficiales) y al uso de agua en los sanitarios portátiles que se instalarán para servicio de directivos, empleados y trabajadores (Capítulo II de la MIA-R). En este sentido las aguas

		residuales serán retiradas y manejadas por una empresa registrada ante la autoridad competente al amparo de un contrato que estipule que el destino final de dichos líquidos se realizará conforme lo disponen ambos instrumentos normativos; consecuentemente, aunque el proyecto no tiene el carácter de industria, por su naturaleza y diseño es coincidente con el alcance de esta disposición
3	Tanto en la etapa de planeación, diseño y construcción de obras destinadas para la industria, deberán incluirse provisiones adecuadas para minimizar los efectos adversos al ambiente, siguiendo la normatividad existente para cada caso particular (NOM-001-ECOL-1996).	Reiterando que no se cumple el supuesto de que el proyecto constituya una industria, el uso y manejo de agua en el desarrollo de las obras y actividades del proyecto se limita al recurso de líquido para consumo humano (lo cual queda fuera del alcance de ambas normas oficiales) y al uso de agua en los sanitarios portátiles que se instalarán para servicio de directivos, empleados y trabajadores (Capítulo II de la MIA-R). En este sentido las aguas residuales serán retiradas y manejadas por una empresa registrada ante la autoridad competente al amparo de un contrato que estipule que el destino final de dichos líquidos se realizará conforme a lo que dispone la NOM-001-ECOL-1996, particularmente en cuanto a los límites máximos permisibles que deben observarse en las descargas de las aguas residuales, (de ser el caso) en bienes nacionales; consecuentemente, aunque el proyecto no tiene el carácter de industria, por su naturaleza y diseño es congruente con el alcance de esta disposición.
4	Podrán establecerse instalaciones de servicios relacionados con hidrocarburos, contando con un sistema de colección, manejo y disposición de desechos, de acuerdo con la NOM-001-ECOL-1996.	Manifestando nuevamente que el proyecto no se inscribe como una industria, sino como un proyecto de infraestructura del sector energía eléctrica, se destaca que, por su naturaleza no requerirá del establecimiento de ningún tipo de sistema de colección, manejo y disposición de desechos provenientes de instalaciones relacionadas con el manejo de hidrocarburos. Consecuentemente el proyecto no rebasaba el alcance de este criterio.
9	La industria deberá estar rodeada por barreras de 10 metros como mínimo de vegetación nativa como áreas de amortiguamiento.	El proyecto de central fotovoltaica, no constituye una industria, por lo cual, el alcance de este criterio, al no tener relación con las obras y actividades que constituyen la central fotovoltaica y dado que la misma es una infraestructura del sector eléctrico, su objetivo no tiene aplicación en cuanto al diseño del sembrado de las obras en el espacio geográfico.
11	Se promoverá el desarrollo de la actividad agroindustrial.	El proyecto de central fotovoltaica, no constituye una industria y tampoco puede considerarse que se desarrolla como actividad agroindustrial, por lo cual, el alcance de este criterio, al no tener

		relación con las obras y actividades que constituyen la central fotovoltaica y dado que la misma es una infraestructura del sector eléctrico, su objetivo no tiene aplicación en cuanto al diseño y alcances de segundo nivel de las obras en el espacio geográfico
13	Previo al establecimiento de instalaciones industriales deberán rescatarse las especies vegetales nativas, presentes en los predios donde se ubicarán las empresas. El o los sitios de reubicación deberán tener condiciones ambientales similares a los sitios de donde se extrajeron. La extracción, trasplante y la definición de las áreas de reubicación deberá hacerse bajo la coordinación de la empresa promovente, municipio, gobierno estatal y federal. Además, se promoverá la creación de un vivero, mediante el cual pueda compensarse la pérdida de especímenes que no puedan trasplantarse.	Aún y cuando el proyecto no constituye una industria, al tener un sello de sostenibilidad característico de este tipo de infraestructuras, ha diseñado un programa de rescate y reubicación de la flora (PRRF) que se caracterice por su fragilidad o vulnerabilidad, ello como una medida de prevención y mitigación de los impactos ambientales detallada en el capítulo VI de esta MIA; al respecto, se asegurará que los sitios que se seleccionarán como parcelas de reubicación de la flora rescatada, reúnan características similares en cuanto a su régimen climatológico; en el caso que proceda, se asumirán medidas complementarias para fortalecer los alcances del PRRF.
16	No se permite la instalación de industrias fuera de los corredores y áreas destinados para éstas en el plan de desarrollo urbano.	No resulta vinculante el criterio en cita al proyecto toda vez que este se cataloga como infraestructura eléctrica y no como industria.
17	Los residuos peligrosos generados por las industrias a establecerse deberán cumplir con los parámetros establecidos en la NOM-052-ECOL-1993 y NOM-087-ECOL-1995.	Independientemente de que el proyecto no constituye una industria y, consecuentemente podría no aplicarle el alcance de este criterio, su carácter sustentable le obliga a asumir acciones concretas en cuanto a la recopilación, almacenamiento temporal, manejo y traslado a los sitios de disposición final que establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, tal y como se detalla en el apartado correspondiente de este capítulo III de la MIA, sin embargo y de ser necesario se acatarán las recomendaciones de la NOM-052-ECOL-2005 que sustituyó a la NOM-052-ECOL-1993 en cuanto a determinar las características, procedimientos de identificación, clasificación y a consultar los listados correspondientes. Por lo que se refiere a los alcances de la NOM-087-ECOL-1995 la cual fue sustituida por la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, estos no tienen incidencia en las características de diseño y operación del proyecto, toda vez que no se prevé la generación de residuos biológico infecciosos diferentes a los que pudieran registrarse en la operación del dispensario médico que atenderá situaciones de emergencia de los empleados y trabajadores que laboren durante su construcción.

18	La instalación de hornos para la elaboración de piezas fabricadas con arcilla, deberán sujetarse a lo establecido en la NTEE-COEDE-004/2000.	El criterio en cita es aplicable para la industria y dado que el proyecto que nos ocupa se clasifica como infraestructura y no como una industria, no se guarda relación con el criterio en cita.
Equipamiento e infraestructura (Ei)		
El uso de suelo etiquetado como “equipamiento e infraestructura”, sin encontrarse debidamente definido en el POET Hgo, su alcance puede inferirse analizando el significado de los dos términos: por equipamiento se entiende al <i>“conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los Servicios Urbanos para desarrollar actividades económicas, sociales, culturales, deportivas, educativas, de traslado y de abasto”</i> (Fcc. XVII, Artículo 3º, Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano –LGAHOTyDU-), en tanto que el concepto infraestructura gramaticalmente se define como <i>“el conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para la creación y funcionamiento de un proyecto, organización o desarrollo en general”</i> (Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española, 2011) y se complementa con la definición que ofrece la LGAHOTyDU en su fracción XXII en los siguientes términos: <i>Infraestructura: los sistemas y redes de organización y distribución de bienes y servicios en los Centros de Población, incluyendo aquellas relativas a la energía, las telecomunicaciones y la radiodifusión”</i>		
<u>Análisis preliminar de vinculación con el uso de suelo:</u> la naturaleza del proyecto, su diseño y sus objetivos lo inscriben en las obras y actividades propias del tipo de suelo para equipamiento e infraestructura, esto acorde a las definiciones antes detalladas.		
5	La instalación de infraestructura estará sujeta a manifestación de impacto ambiental.	En cumplimiento al criterio en cita, el proyecto se somete a evaluación en materia de impacto ambiental a nivel federal, mediante la presentación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, con lo cual se cumple con el alcance de este criterio.
7	Se promoverá el establecimiento de centros de acopio para el reciclaje de basura.	Si bien corresponde a la autoridad municipal el establecimiento de centros de acopio para el reciclaje de basura, en correspondencia con lo establecido, durante las diferentes etapas del proyecto será implementado el Programa de Manejo de Residuos (PMR) que incluye, entre otras medidas, el manejo diferenciado de residuos con el fin de facilitar su valorización, reciclaje y/o disposición final. Por lo anterior, el proyecto satisface el alcance del criterio cuya vinculación se analiza.
10	Las instalaciones construidas para los fines autorizados, deberán contar con un programa de reducción, recolección y reciclaje de desechos sólidos.	En cumplimiento al criterio en cita, en caso de que el proyecto sea autorizado, como ya se indicó anteriormente se implementará en sus diferentes etapas el PMR que incluye un sistema de reciclaje dirigido a todos los integrantes del frente de trabajo, para la separación, manejo y almacenamiento temporal adecuado de los residuos, el cual en su disposición final se podrá ir a los centros de acopio con lo que el proyecto se ajusta al presente criterio.
13	Las instalaciones para la disposición final de los desechos sólidos deberán apegarse a las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003.	Como se ha venido mencionando, el proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de un parque solar y no considera dentro de sus componentes en la instalación para la disposición final de residuos sólidos urbanos o

		de manejo especial, independientemente de que la generación de este tipo de residuos, su manejo y disposición final estará acotada a los alcances del PMR que se elabore y se someta a la consideración de la autoridad competente, por lo que el alcance de este criterio no es vinculante con el proyecto.
17	No se permite la quema de desechos vegetales producto del desmonte.	En ninguna de las etapas del proyecto se llevará a cabo la quema de desechos vegetales producto del desmonte, por lo que el proyecto da cumplimiento al criterio en cita.
18	Se promoverá el composteo de los desechos vegetales.	En seguimiento al criterio en cita, los residuos orgánicos generados en las diferentes etapas del proyecto serán triturados, y mediante un tratamiento de composta serán empleados como abono orgánico para las áreas verdes del proyecto.
19	El manejo de envases y empaques deberá cumplir lo dispuesto en el reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos.	Para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto se implementará el PMR que a su vez incluye las medidas relacionadas con respecto al manejo de residuos peligrosos. Dicho programa fue elaborado en observancia de la legislación y normatividad aplicable, por lo que se da cumplimiento al criterio en cita.
20	La disposición de baterías y acumuladores deberá cumplir lo dispuesto en el reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos.	En las diferentes etapas del proyecto no se prevé la generación de baterías o acumuladores ya que, la reposición de este tipo de implementos de la maquinaria y del equipo serán realizados fuera del área de desarrollo del proyecto, por lo que no resulta vinculante el criterio en cita.
26	La recolección de residuos deberá estar separada de la canalización del drenaje pluvial y sanitario en el diseño de calles y avenidas, además de considerar el flujo y colecta de aguas pluviales.	La disposición de las aguas residuales en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, se realizará por medio de la instalación de sanitarios portátiles para los trabajadores de la obra, siendo la empresa contratada para proporcionar el servicio de renta y mantenimiento de los sanitarios, la encargada del manejo adecuado de ese tipo de residuos.
28	Toda descarga de aguas residuales deberá cumplir con la NOM-SEMARNAT-001-1996, NOM- 002-SEMARNAT-1996, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.	La disposición de las aguas residuales en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, se realizará por medio de la instalación de sanitarios portátiles para los trabajadores de la obra, siendo la empresa contratada para proporcionar el servicio de renta y mantenimiento de los sanitarios, la encargada del manejo adecuado de ese tipo de residuos. De acuerdo a lo anterior el proyecto da cumplimiento a los criterios en cita.
33	Se promoverá la utilización de aguas pluviales previo tratamiento y eliminación de grasas y aceites.	No se contempla la utilización de aguas pluviales ya que el requerimiento del recurso hídrico será mínimo y será satisfecho por pipas.

34	Las nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos y contarán con un programa operativo que considere la desactivación, desinfección y disposición final de lodos.	El proyecto no incluye la construcción de plantas de tratamiento de aguas, ya que el proyecto contempla la construcción de un parque fotovoltaico, por ende, el requerimiento de agua será mínimo, en este sentido una planta de tratamiento resultaría ineficaz por lo que el presente criterio no guarda relación con el caso que nos ocupa.
41	No se permite la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos en cualquier tipo de cuerpo de agua natural.	El proyecto no realizará descarga de aguas residuales a cuerpos de agua naturales por lo que se da cumplimiento al criterio en cita.
49	Los taludes en caminos se deberán estabilizar con vegetación nativa.	En caso de ser necesario se utilizará vegetación nativa para la estabilización de taludes de los caminos que contempla el proyecto, apegándose a este criterio.
50	Los caminos y terracerías existentes deberán contar con un programa de restauración que garantice en las orillas su repoblación con vegetación nativa.	El proyecto tiene previsto privilegiar el uso de los caminos de acceso existentes. Pretende proponer algunas medidas de revegetación, siempre y cuando, no interfieran con las actividades agrícolas propias de la zona, ahora bien, con respecto al interior del polígono, sólo habrá accesos internos para la comunicación del parque y mantenimiento de los paneles. Derivado de lo anterior, el proyecto daría cumplimiento al presente criterio.
58	La instalación de líneas de conducción de energía eléctrica, telefonía y telegrafía (postes, torres, estructuras, equipamiento y antenas), deberá ser autorizada mediante la evaluación de una manifestación de impacto ambiental.	En cumplimiento al criterio en cita, el proyecto se somete a evaluación en materia de impacto ambiental mediante la presentación de la manifestación de impacto ambiental en su modalidad Regional.
60	Se promoverá la instalación de fuentes alternativas de energía.	Se da cumplimiento al criterio en cita, toda vez que, el proyecto está catalogado dentro de la generación de energías renovables y limpias.
72	Los proyectos sólo podrán desmontar las áreas destinadas a construcciones y caminos de acceso en forma gradual, de conformidad al avance del mismo y en apego a las condicionantes de evaluación de impacto ambiental.	Dado que el terreno ha sido previamente modificado por actividades agrícolas, se realizarán actividades mínimas de movimiento de tierras. Se iniciará con el retiro de los ejemplares arbóreos presentes en el área del proyecto que se encuentran dispersos formando cercas vivas. El desmonte se realizará de forma gradual conforme al avance del proyecto, por lo que el proyecto da cumplimiento al criterio en cita.
74	No deberán realizarse nuevos caminos vecinales sobre áreas de alta susceptibilidad a derrumbes y deslizamientos.	Si por camino vecinal se debe entender "camino construido y conservado por el municipio, cuyas necesidades sirve, y suele ser más estrecho que las carreteras" (Diccionario de Lengua Española de la Real Academia Española), el proyecto, no tiene considerado crear nuevos caminos vecinales por lo que el criterio en mención no le es vinculante.

79	Los caminos, andadores y estacionamientos deberán estar revestidos con materiales que permitan tanto la infiltración del agua pluvial al subsuelo, así como un drenaje adecuado.	El mejoramiento de los caminos internos será a través del revestimiento con materiales permeables (grava y gravilla), los cuales permitirán la infiltración del agua pluvial al subsuelo, evitando así el asfaltar y sellar permanentemente el suelo.
Construcción (C)		
1	No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.	En caso de ser autorizado el proyecto, se implementará en las diferentes etapas del proyecto el PMR que incluye a su vez, las medidas necesarias para el manejo y disposición final de los residuos de la construcción (manejo especial). En particular la recolección de estos residuos se realizará por medio de camiones del municipio o vehículos de empresas subcontratadas para dicho fin, los residuos serán retirados y trasladados hacia el basurero, relleno sanitario o sitio de disposición final autorizado por el municipio.
2	Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruido provenientes de la maquinaria en uso en las etapas de preparación de sitio, construcción y operación.	En cumplimiento del presente criterio se implementará el PMR, el cual incluye un Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos con la finalidad de dar cumplimiento a la legislación y normatividad ambientales aplicables para el manejo adecuado de los residuos peligrosos que serán generados en las diferentes actividades del proyecto, adicionalmente se prevé Medidas específicas relacionadas con emisiones a la atmósfera y ruido.
3	La construcción de cualquier edificación residencial y de infraestructura, estará sujeta a una evaluación del impacto ambiental.	En cumplimiento al criterio en cita, el proyecto se somete a evaluación en materia de impacto ambiental mediante la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional.
5	Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un rescate de ejemplares de flora y fauna susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas.	En cumplimiento al criterio en cita y previo al desarrollo del proyecto se implementará el rescate y reubicación de individuos de flora y fauna, con especial énfasis en aquellas bajo alguna categoría de riesgo. Cabe señalar, que una vez rescatadas y reubicadas dichas especies, serán monitoreadas con objeto de dar seguimiento a la supervivencia de dichos individuos. Por lo antes expuesto, el proyecto observa el criterio en cita.
6	Los campamentos de construcción deberán ubicarse en áreas perturbadas, nunca sobre ecosistemas relevantes.	El campamento se ubicará dentro del polígono del proyecto que presenta suelo con vocación agrícola, en un área previamente seleccionada que por sus características y ubicación alteren lo menos posible el medio que lo rodea.
7	Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de recolección y disposición de desechos sanitarios en áreas autorizadas por el municipio.	Se contempla el desarrollo de un Programa Integral de Residuos, el cual incluye un sistema de recolección y disposición de desechos.

8	Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de recolección y disposición de desechos sólidos en áreas autorizadas por el municipio.	En cumplimiento al criterio en cita, en caso de ser autorizado el proyecto, se implementará en las diferentes etapas del proyecto el PMR que incluye, entre otras medidas, el manejo diferenciado de residuos con el fin de facilitar su valorización, reciclaje y/o disposición final en sitios autorizados. Por lo anterior, el proyecto es coadyuvante del criterio en cita.
9	Al finalizar la obra deberá removerse toda la infraestructura asociada al campamento.	Se tiene programado el desmantelamiento del campamento una vez terminadas las actividades por lo que se removerá toda la infraestructura asociada a dicho campamento. Con lo que se da cumplimiento al criterio en cita.
10	Cualquier abandono de actividad deberá presentar un programa de restauración del sitio.	Al llegar el término del plazo útil del proyecto, se someterá a aprobación de la autoridad competente un programa de abandono y restauración del sitio, el cual será acorde a los lineamientos jurídicos y tecnológicos desarrollados y vigentes para ese momento con el cual se ajustaría a lo citado en el presente el criterio.
11	Se deberá elaborar un plan de restauración del sitio en los lugares en donde existen construcciones abandonadas.	En el sitio del proyecto no existen construcciones abandonadas, ya que históricamente el uso de suelo en el que se instalará el proyecto es agrícola, por lo que no se guarda relación con el criterio en cita.
12	El uso de explosivos, durante la construcción de cualquier tipo de obra, infraestructura o desarrollo está sujeto a manifestación de impacto ambiental y a los lineamientos de la Secretaría de la Defensa.	No aplica el presente criterio, ya que no se hará uso de explosivos en ninguna de sus etapas.
14	Los productos primarios de las construcciones (envases, empaques, cemento, cal, pintura, aceites, aguas industriales, desechos tóxicos, etc.), deberán disponerse en confinamientos autorizados por el municipio.	En caso de ser autorizado el proyecto, como ya se indicó anteriormente se implementará en las diferentes etapas del proyecto el PMR que incluye a su vez, las medidas necesarias para el manejo y disposición final de los residuos de la construcción (manejo especial). En particular la recolección de estos residuos se realizará por medio de camiones del municipio o vehículos de empresas subcontratadas para dicho fin, los residuos serán retirados y trasladados hacia el basurero, relleno sanitario o sitio de disposición final autorizado por el municipio.
16	El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos.	Los diferentes tipos de residuos sólidos que se prevé serán generados en mayor escala durante el proceso de construcción del proyecto, serán identificados, separados y colocados en bolsas de polietileno, las cuales serán almacenadas temporalmente en tambos rotulados en buen estado y con tapa y posteriormente trasladados y depositados en los sitios autorizados por la autoridad, evitando con ello la dispersión de polvos.

		Por lo anterior, el proyecto dará cumplimiento al criterio en cita.
17	Se debe contemplar la instrucción de los trabajadores de obra en la adopción de medidas preventivas adecuadas contra siniestros.	Se dará capacitación constante a los trabajadores de la obra sobre medidas de seguridad. Así mismo se proporcionará a todos los trabajadores equipo de seguridad completo.
18	Se deberá procurar la mínima perturbación a la fauna en la movilización de trabajadores y flujo vehicular durante la construcción de obras.	Previo al inicio de las obras de preparación del sitio y construcción se darán platicas de concientización ambiental y se llevarán a cabo las actividades de rescate ahuyentamiento y reubicación de fauna, con el fin de minimizar al máximo la presencia de fauna durante el inicio de las obras de construcción.
19	Los camiones transportistas de material se deberán cubrir con lonas durante la construcción de obras.	El transporte de los materiales a utilizar deberá realizarse preferentemente en camiones cubiertos con lonas y el material humedecido para evitar su dispersión al aire, tal y como se describe en capítulo VI de la presente MIA. Por lo antes expuesto el proyecto se ajusta a la presente estrategia.

III.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Río San Juan (POER CRSJ)

El POER CRSJ, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, el 23 de octubre de 2017, abarca los municipios de Tecozautla, Huichapan, Nopala de Villagrán, Chapantongo y Alfajayucan en el estado de Hidalgo.

El modelo de ordenamiento propuesto consta de 115 unidades de gestión ambiental (UGA's); para estas se establecen las políticas, lineamientos y estrategias que tienen como finalidad lograr las metas u objetivos establecidos para cada unidad, obteniendo el mejoramiento del estado de su calidad ambiental y los usos que resulten compatibles a estos lineamientos, así como los criterios de regulación que definirán las condicionantes para el desarrollo de cada sector en las unidades y que buscarán la resolución o mitigación de problemáticas.

En este marco el proyecto cuyo impacto ambiental se identifica y evalúa en esta MIA-R, la planta fotovoltaica pretende establecerse en el espacio geográfico de las **UGA's 52, 90 y 92 y, marginalmente en el de la UGA 36**, las políticas y los usos de suelo que consideran estas UGA's las cuales se describen a continuación.

UGA 52: se define para este espacio de 13,738 Ha, una política de aprovechamiento agropecuario con actividades de temporal y ganadería extensiva y lineamientos dirigidos al aprovechamiento de manera sustentable de las áreas aptas para el desarrollo de agricultura de temporal mejorando su productividad, la compatibilidad de los usos de suelo en esta Unidad de Gestión los usos de agricultura de temporal, ganadería, turismo, infraestructura, minería,

industria y asentamientos humanos, en tanto que los usos incompatibles son: agricultura de riego, forestal maderable, forestal no maderable y acuacultura.

UGA 90: ocupa un espacio de 8,144 Ha en las cuales asigna una política de aprovechamiento agropecuario de actividades de temporal y ganadería extensiva con asentamientos humanos con lineamientos para aprovechar de manera sustentable las zonas con aptitud para la agricultura de temporal mejorando su productividad en zonas de baja pendiente y conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema de matorral xerófilo, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en beneficio de los poseedores de la tierra evitando la disminución del capital natural. La compatibilidad de los usos de suelo incluye a: la agricultura de riego, agricultura de temporal, ganadería, acuacultura, infraestructura, asentamientos humanos, turismo en tanto que el aprovechamiento forestal maderable, forestal no maderable, minería e industria, se declaran como incompatibles.

UGA 92: la política establecida para este espacio geográfico de 775.06 Ha es de aprovechamiento agropecuario de actividades de temporal y ganadería extensiva con asentamientos humanos con lineamientos para provechar de manera sustentable las zonas con aptitud agrícola de temporal mejorando su productividad en zonas de baja pendiente y conservar la biodiversidad y las funciones ecológicas del ecosistema de matorral xerófilo, permitiendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a beneficio de los poseedores de la tierra evitando la disminución del capital natural. Los usos compatibles son los de agricultura de riego, agricultura de temporal, ganadería, acuacultura, infraestructura, asentamientos humanos, minería, forestal no maderable y usos incompatibles de forestal maderable, turismo, industria

El proyecto prácticamente no incide dentro de la UGA 36, esta cubre una superficie de 1,727.68 Ha y tiene una política de corredor ripario, con lineamientos de preservación del ecosistema del corredor ripario y demás ecosistemas naturales recuperando las zonas degradadas.

La política que prevalece en estos tres espacios (aprovechamiento) es definida en el POER CRSJ como aquella que se asigna a las áreas que por sus características son apropiadas para el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con uso de suelo actual o potencial, siempre que estos no sean contrarios o incompatibles con la aptitud del territorio.

De otra parte, es importante destacar lo que dispone el POER CRSJ respecto al alcance de los lineamientos que se establecen para cada UGA, estos son considerados para permitir la definición específica del objetivo de la política y también permite el establecimiento del mecanismo de seguimiento. Con los lineamientos se da respuesta a los planteamientos relativos al tratamiento que requiere cada unidad, la temporalidad de la actuación, los umbrales, así como el seguimiento a partir de los parámetros identificados inicialmente.

La estructura de este instrumento (POER CRSJ) establece para cada UGA el uso de suelo, tanto compatible como incompatible que debe ser considerado en estos espacios geográficos y, para el caso del uso del suelo que caracteriza el alcance del proyecto de la planta fotovoltaica y, los que dispone el propio POER en las UGA's en las cuales pretende ubicarse, destacan los siguientes:

UGA	Uso de suelo		Cumplimiento del proyecto
52	If	Infraestructura	<p>Se determina que este uso es el que aplica al proyecto de la CFv, su definición corrobora este planteamiento "Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población, considera la construcción y operación de vías de comunicación de todo tipo el establecimiento de acueductos, canales, oleoductos, poliductos, líneas de transmisión de todo tipo (energía, voz, datos y otras), antenas de transmisión de comunicaciones, cárcamos y canalización de todo tipo, centros de readaptación social de todo tipo, instalaciones estratégicas para la seguridad nacional, campos de las fuerzas castrenses, proyectos basados en el uso de energías limpias cuya fuente provenga de la naturaleza, limitándose a solar fotovoltaica (se produce en base a la luz del sol), la solar térmica (con base al calor del sol), energía que se obtiene de los ríos y corrientes de agua dulce (energía hidráulica), energía térmica accesible del interior de la tierra (energía geotérmica) y la energía que se produce por la acción del viento (energía eólica)" (POER CRSJ, 2017)[i].</p>

UGA	Uso de suelo		Cumplimiento del proyecto
	In	Industria	El manejo arbitrario y carente de fundamento que generalmente se hace de este concepto adjudicándolo a sectores tan dispersos de la economía como la actividad pesquera (Industria Pesquera), el turismo (Industria turística) e incluso la producción de otros alimentos (Industria alimentaria), también se ha aplicado de manera conceptualmente equivocada a los proyectos de infraestructura que conforman los proyectos de plantas generadoras de electricidad a partir del uso de fuentes renovables de energía, como lo son las plantas fotovoltaicas y ello se comprueba al analizar el significado y alcance de la definición que detalla el POER CRJ al respecto uso industrial: <i>“establecimiento de unidades de producción y transformación..”</i>

Es importante destacar que, en el POER CRSJ las estrategias ecológicas son consideradas como las integraciones de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de ordenamiento ecológico. En este sentido, el instrumento establece estrategias generales y estrategias específicas, las primeras se aplican al conjunto del área de ordenamiento, la primera de las cuales (Eg 1) dispone la **promoción de fuentes alternativas de energías renovables** y tiene el siguiente alcance: *“Reducir la emisión de gases de efecto invernadero mediante la implantación de fuentes de energía distintas a las convencionales...”*, en este sentido es de destacarse la congruencia del proyecto con esta estrategia, a la cual coadyuva su gestión con los alcances de beneficio ambiental que caracterizan a proyectos de esta naturaleza.

Por último, la estructura del POER CRSJ establece un conjunto de criterios ecológicos los cuales norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento e incluso de manera específica a nivel de las distintas UGA’s. Los criterios pueden referirse a los aspectos constructivos de alguna obra, o condiciones ambientales que los proyectos deben cumplir. Cita el documento del POER que estas especificaciones son útiles en materia de impacto ambiental, ya que orientan tanto al promovente de la obra como a la autoridad que evalúa el impacto de las mismas.

En las UGA’s 36, 90 y 92 determinan como uso incompatible el denominado “Industrial”, se genera el presente análisis con la finalidad de argumentar la inoperancia de esta denominación al proyecto que nos atañe.

El orden jurídico mexicano en relación con el presente proyecto ha sido omiso en definir el término “industrial”, como se puede observar en Ley de la Industria Eléctrica que en todo su contenido excluye explicación o definición de la “industria”, siendo materialmente imposible conocer el significado de lo que el mismo orden jurídico en su Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de la Cuenca del Río San determina como uso incompatible.

Encontrando únicamente en la Ley de la Industria Eléctrica la acepción de “industria eléctrica” en su artículo 2 de la manera siguiente:

“Artículo 2.-La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. El sector eléctrico comprende a la industria eléctrica y la proveeduría de insumos primarios para dicha industria. Las actividades de la industria eléctrica son de interés público. La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas. En estas materias el Estado mantendrá su titularidad, sin perjuicio de que pueda celebrar contratos con particulares en los términos de la presente Ley. El Suministro Básico es una actividad prioritaria para el desarrollo nacional.”

Con base en lo anterior, la “industria eléctrica” comprende entre otros aspectos, las acciones de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Acciones determinantes para interpretar adecuadamente la norma, ya que, estas acciones, son consideradas dentro del ya mencionado orden jurídico en la sección 22 del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN, 2018) del INEGI diferenciándolas del concepto de “industria” como a continuación se presenta:

Sección 22. Las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final:

“Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica; al suministro de gas natural por ductos al consumidor final; a la captación, potabilización y suministro de agua, y a la captación y tratamiento de aguas residuales.

Incluye también: a la producción, captación y distribución de vapor por ductos, y a proporcionar el servicio de riego agrícola.”

Dentro de esta misma sección 22, se encuentra el apartado siguiente:

Apartado 221113. Generación de electricidad a partir de energía solar:

“Unidades económicas (centrales eléctricas) dedicadas principalmente a la generación de energía eléctrica a partir de la radiación del sol. Para la producción de energía eléctrica se utilizan celdas fotovoltaicas o concentradores solares. La energía eléctrica generada es entregada a sistemas de transmisión o distribución para su suministro a los usuarios finales.”

Sistema de Clasificación que distingue rotundamente las acciones de “generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica”; de la “industria”, situando a esta última como se expone a continuación:

Sección 31-33. Industrias manufactureras:

“Este sector comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares.

Asimismo, se incluye aquí la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes. El trabajo de transformación se puede realizar en sitios como plantas, fábricas, talleres, maquiladoras u hogares. Estas unidades económicas usan, generalmente, máquinas accionadas por energía y equipo manual. El criterio para clasificar la fabricación de “partes” de algún producto es, en primer lugar, localizar si hay una categoría específica en la que se clasifique la fabricación de la “parte”, si no la hay, entonces la fabricación de la parte se clasificará en la categoría donde se fabrica el producto completo.

Incluye también: unidades económicas contratadas para realizar las actividades manufactureras de productos que no son propios (actividades de maquila), y unidades económicas que no tienen factores productivos, es decir, aquellas que no tienen personal ocupado ni maquinaria y equipo para la transformación de bienes, pero que los producen a través de la subcontratación de otras unidades económicas.”

El Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN, 2018) del INEGI es de uso obligatorio con fundamento en los artículos 6, 9 y 17 de la Ley del Sistema Nacional de Información, Estadística y Geografía, así como el apartado B) del artículo 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; su aplicación es de gran utilidad al presente análisis para diferenciar los conceptos de estudio en este apartado, existiendo diferencia entre “industria” y las “actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica” mismas que encuentran mayor congruencia en el concepto de “infraestructura eléctrica”, como en su propio articulado posterior la misma Ley de la Industria Eléctrica sitúa en esa acepción, es decir, el de infraestructura.

Se destaca que las UGA’s 36, 90 y 92 consideran uso compatible la infraestructura.

El análisis del POER CRSJ pone en evidencia que asume de manera homóloga a los conceptos industria eléctrica e infraestructura ya que al detallar el significado y alcance de infraestructura incluye dentro del mismo a los proyectos de naturaleza eléctrica como son subestaciones, líneas de transmisión y plantas de generación de energía (hidroeléctricas, geotérmicas, fotovoltaicas, etc.), tal y como se colige de la lectura de la siguiente definición:

*“ Infraestructura: aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población, se considera la construcción y operación de vías de comunicación de todo tipo, el establecimiento de acueductos, canales, oleoductos, poliductos, líneas de transmisión de todo tipo (energía, voz, datos y otras), antenas de transmisión de comunicaciones, cárcamos y canalización de todo tipo, centros de readaptación social de todo tipo, instalaciones estratégicas para la seguridad nacional, campos de las fuerzas castrenses, **proyectos basados en el uso de energías limpias cuya fuente provenga de la naturaleza, limitándose a solar fotovoltaica (se produce en base a la luz del sol), la solar térmica (con base al calor del sol), energía que se obtiene de los ríos y corrientes de agua dulce (energía hidráulica), energía térmica accesible del interior de la tierra (energía geotérmica) y la energía que se produce por la acción del viento (energía eólica)**” (Págs. 587, POER CRSJ, 2017).*

El presente programa de ordenamiento describe distintas estrategias aplicadas a cada una de las UGA’s en las que se encuentra el presente proyecto. De acuerdo con el propio POER

CRSJ estas estrategias “*tienen el fin de complementar los esfuerzos existentes encaminados a la constitución de un distrito temporal tecnificado mediante actividades que le den sentido ambientalmente sustentable a dichos esfuerzos y a todas las consecuencias derivadas de los mismos*”, siendo el Ayuntamiento, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Hidalgo, SEMARNATH, SEMARNAT, Secretaría del Bienestar y SADER; los responsables de la aplicación de las acciones establecidas para dichas estrategias.

Derivado de lo anteriormente expuesto y de acuerdo al objetivo y naturaleza del proyecto, el uso de suelo del POER CRSJ en el cual puede presumirse la ubicación del proyecto, es el de infraestructura por lo cual, a continuación, se hace el análisis preliminar del significado y del alcance de la vinculación con el uso de suelo respectivo y, posteriormente con los alcances de los criterios ecológicos que se establecieron para dicho uso.

Tabla III.16 Vinculación del proyecto con el uso de suelo y criterios aplicables

Criterio (clave)	Descripción	Evidencia de cumplimiento del proyecto (Vinculación)
USO DE SUELO: infraestructura		
Ninguno de los criterios que el POER CRSJ establece para este tipo de suelo, limita o impide el desarrollo del proyecto; se entiende que esto deriva de la propia naturaleza de esta infraestructura y además de la congruencia que guarda este instrumento con su estrategia general N.º 1 (<u>promoción de fuentes alternativas de energías renovables</u>), lo cual implica que dicha estrategia aplica en los espacios geográficos de los diferentes usos de suelo que asigna el POER a sus UGA's.		
If01	<i>Se permitirá la instalación de infraestructura únicamente de disposición lineal evitando la reducción de zonas agrícolas en grandes proporciones y la promoción de nuevos centros de población</i>	El establecimiento del proyecto no prevé reducir significativamente el uso agrícola que se desarrolla en el SAR (maíz de temporal, de bajo rendimiento y maguey pulquero, en menor escala). El área en la cual pretende establecerse el proyecto, originalmente estuvo cubierta de matorral crasicaule (Cap IV) y, con el lapso del tiempo ha sido utilizada para la crianza de ganado menor y cultivos de maíz de temporal. Actualmente registra evidencias de perturbación (Capítulo IV) como la compactación, la introducción de individuos exógenos de flora y fauna y la reducción de la cubierta de matorral crasicaule. También se destaca que el proyecto no pretende establecer, directa o indirectamente, centros de población; por lo antes expuesto, la gestión del proyecto se ajusta al alcance de este criterio.

Criterio (clave)	Descripción	Evidencia de cumplimiento del proyecto (Vinculación)
If02	<i>Las carreteras existentes y las nuevas obras deberán contar con los pasos de fauna subterráneos suficientes para garantizar la continuidad entre las diferentes poblaciones animales, contemplando un diseño adecuado para garantizar el éxito de los mismos.</i>	El diseño del proyecto no prevé la apertura de carreteras y, ese tipo de vía de comunicación que cursa por las áreas cercanas al proyecto, construidas hace varias décadas, están bajo la administración estatal y el proyecto no incidirá, en ninguna proporción o medida, en la modificación de su trazo, diseño o alcance. Por lo expuesto el criterio no es aplicable a la gestión del proyecto.
If03	<i>Las acciones de desmonte, y formación de terraplenes para la construcción de caminos rurales prioritarios para el desarrollo de las comunidades locales, deberá incluir programas de rescate de germoplasma de especies nativas (semillas, esquejes, estacas, hijuelos, etc.) e individuos longevos de cactáceas, cicadáceas y grupos similares y programas</i>	El criterio en cita alude a la construcción de caminos rurales prioritarios, esto es no se refiere a viales o caminos internos a un proyecto con el de la planta fotovoltaica; no obstante y como una medida de la estrategia de prevención a la afectación de la biodiversidad, en el capítulo VI de esta MIA-R se cita que dicho documento se complementa con una propuesta de programa de rescate de flora, particularmente de individuos vulnerables, por lo tanto hay coincidencia en la medida que se incluye dentro de la estrategia de prevención y mitigación de los impactos ambientales que prevé generar el proyecto y los alcances considerados en este criterio, aunque queda a salvo el tipo de obra a la cual el POER CSRJ asigna la obligación de implementar las acciones de rescate de germoplasma.
If04	<i>La construcción de infraestructura deberá evitar la reducción de la cobertura vegetal, la interrupción de corredores biológicos y flujos hidrológicos, la disminución de los servicios ecosistémicos y la fragmentación del paisaje.</i>	Tal y como se pone en evidencia en las conclusiones del capítulo IV de esa MIA, la cobertura original (natural) del área en la cual pretende establecerse el proyecto, incluso del mismo SAR, registra evidencias fehacientes de perturbación y modificación del paisaje natural (casi en su totalidad), derivada del trabajo antrópico de varias décadas y la interrupción continua del proceso natural de sucesión secundaria (proceso unidireccional) debido, por una parte a la longevidad y lento proceso de recuperación de muchos de los individuos de las especies que pueblan al matorral crasicuale y por otra al desmonte permanente como base del trabajo agrícola de temporal y la introducción de ganado menor (ovejas, cabras, etc.), todo lo anterior ha conducido a un paisaje actual humanizado prácticamente sin elementos continuos del entorno natural; consecuentemente, han desaparecido los corredores biológicos que pudieron estar presentes cuando el matorral no había sido intervenido, lo mismo que sus servicios ecosistémicos; por ende, un proyecto como el

Criterio (clave)	Descripción	Evidencia de cumplimiento del proyecto (Vinculación)
		de la planta fotovoltaica no puede asegurar la preservación de estos elementos ecosistémicos, prácticamente desaparecidos.
If05	<i>El emplazamiento de infraestructura de ser posible, se realizará sobre el derecho de vía de caminos ya construidos, evitando la apertura de nuevos caminos y considerando la menor distancia entre los puntos de inicio y final de las obras, lo anterior con la finalidad de evitar la fragmentación de los ecosistemas presentes en el área, los impactos ambientales durante las fases de preparación y construcción y el cambio de uso de zonas agrícolas.</i>	La planta fotovoltaica se ha diseñado para quedar adyacente a dos carreteras estatales por lo que no prevé la construcción de alguna otra vía de comunicación de estas características. Por lo que se refiere al trazo de la línea de transmisión, esta se ha diseñado para cursar a lo largo del derecho de vía de vías de comunicación (carreteras y caminos) existentes; consecuentemente, no se prevén efectos adversos a su entorno actual, como los que detalla el criterio en cita, con lo cual, el diseño del proyecto se ajusta a los alcances de esta prevención.
If06	<i>El derecho de vía de los caminos deberá mantenerse libre de maleza y se señalarán los caminos con el fin de disminuir el atropellamiento de especies animales.</i>	En la atención de esta medida no puede intervenir la empresa promotora dado que la administración de las vías de comunicación a las que alude, son competencia de la unidad administrativa del Gobierno estatal a la que le compete su administración y mantenimiento.
If07	<i>Se permite el desarrollo de proyectos de infraestructura de acuerdo a las condiciones fisiográficas, morfológicas, topográficas, hidrogeológicas y de otro tipo que se requieran para el adecuado funcionamiento de cada uno de ellos en particular; además de cumplir con los requerimientos y necesidades de la población o poblaciones cercanas al sitio de su establecimiento. Cualquier tipo de proyecto que pretenda construirse deberá cumplir con lo establecido en el marco normativo ambiental vigente.</i>	El diseño del proyecto se ajustó a las características fisiográficas, morfológicas y topográficas de los terrenos y su emplazamiento no prevé la modificación de la condición natural de dichos rubros. Por lo que se refiere a la satisfacción de los requerimientos y necesidades de las poblaciones cercanas, en la evaluación del impacto social que se desarrolla en paralelo a esta MIA-R, quedarán identificadas las medidas a atender dentro de su programa de gestión social; por último, el simple hecho de la presentación de esta MIA-R a la atención de la autoridad federal competente es una evidencia de que su gestión se desarrolla cumpliendo con lo establecido en el marco normativo ambiental vigente.
If08	<i>El desarrollo de infraestructura en Áreas Naturales Protegidas estará condicionado a lo que establezca el programa de manejo y conservación del sitio.</i>	El espacio geográfico en el cual pretende establecerse el proyecto, no corresponde ni se ubica dentro de algún área natural protegida, por lo que la prevención que impone el criterio en cita, no aplica al proyecto.
If09	<i>El desarrollo de la infraestructura debe ser sostenible.</i>	Si por desarrollo entendemos la evolución progresiva de una economía, política, estrategia, proyecto o iniciativa, hacia mejores niveles de actuación (Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española) y por sostenibilidad entendemos a la estrategia en la cual las relaciones que se establecen con el

Criterio (clave)	Descripción	Evidencia de cumplimiento del proyecto (Vinculación)
		<p>ambiente no conlleven a su destrucción, de modo que, estas relaciones, sean “sostenibles” o perdurables a largo plazo. De esta forma, afirmar que una actividad es sostenible ambientalmente, es lo mismo que decir que dicha actividad tiene un impacto suficientemente pequeño sobre el medio ambiente como para no suponer la degradación del mismo, desde una perspectiva de los recursos naturales, ya sean enfocados a la conservación del agua, la calidad del suelo, la riqueza y diversidad animal y vegetal, etcétera, todo lo cual preservará los atributos ambientales del entorno y asegurará su disponibilidad para el futuro; con ambas precisiones se destaca que el desarrollo del proyecto de la planta fotovoltaica (en cualquiera de sus fases –preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento y abandono-), así como los resultados que este pretende aportar a las grandes estrategias nacionales de preservación del ambiente, se materializan en un hecho concreto al tratarse del aprovechamiento de una energía renovable (la energía luminosa del sol) y transformarla en electricidad, mediante un proceso limpio –esto es, sin generar emisiones, residuos o descargas, que pudieran afectar negativamente al ambiente; consecuentemente el proyecto cumple con el alcance de este criterio ambiental.</p>
IF10	<p><i>Se permitirá el desarrollo de infraestructura, previa opinión técnica de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado con la finalidad de implementar líneas de acción, políticas y estrategias de conformidad con lo que establece el Programa Estatal de Acción ante el cambio climático y la legislación ambiental vigente.</i></p>	<p>Para dar cumplimiento al criterio en cita, el promovente se obliga a gestionar la opinión técnica referida (Opinión Técnica Privada), una vez obtenida la autorización en materia de impacto ambiental.</p>

De todo lo antes planteado se concluye, en este análisis vinculatorio lo siguiente:

- ✓ Basándonos en las definiciones, alcances y especificaciones del POER CRSJ, el uso de suelo al cual se adscribe el proyecto es el uso de suelo de infraestructura y no le es aplicable el uso industrial porque la planta fotovoltaica no constituye una industria ni se ajusta a la definición que de ese uso de suelo hace el propio POER CRSJ.

- ✓ La naturaleza y alcance del proyecto se vincula a la estrategia ecológica general Eg.1 del POER CRSJ, la cual es aplicable a todas las UGA's.
- ✓ Todos los criterios ecológicos de las UGA's en las cuales pretende establecerse el proyecto, encuentran elementos de diseño del proyecto que evidencian su vinculación absoluta.

III.3 Planes y programas sectoriales

A continuación, se realiza la vinculación de las actividades del proyecto con los siguientes instrumentos federales:

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016-2022
- Plan Municipal de Desarrollo Nopala de Villagrán 2016-2020
- Estrategia Nacional de Energía 2014-2028

III.3.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo vigente fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el doce de julio de dos mil diecinueve. Este instrumento de carácter administrativo es emanado del poder ejecutivo federal y establece los lineamientos y directrices de la política nacional en el periodo de su administración.

Divide su contenido en tres ámbitos de planeación: 1.- Política y Gobierno, 2.-Política Social y 3.- Economía.

La importancia de la consideración con el Plan Nacional de Desarrollo radica en el marco de acción del sector privado en concordancia con los lineamientos del Gobierno Mexicano en obediencia al orden jurídico vigente.

El presente proyecto se apega con el apartado "3.-Economía", en concreto con los siguientes puntos:

"Respeto a los contratos existentes y aliento a la inversión privada"- El presente proyecto se beneficia con la política de aliento a la inversión privada, gozando de los mecanismos del aparato estatal suficientes y viables para fomentar e impulsar propuestas del sector privado como lo es el proyecto que nos ocupa, encaminado a la implementación de infraestructura eléctrica que necesariamente dirige al desarrollo.

"Rescate del sector energético"- En este rubro, el Plan Nacional de Desarrollo plantea una nueva política energética impulsando el desarrollo sostenible mediante la incorporación de la producción energética con fuentes renovables y que son consideradas como fundamentales. Es de trascendental importancia para el presente proyecto por consistir en un medio de generación de energía eléctrica, renovable y limpio; encontrando justificación en los beneficios que aporta este tipo de infraestructura y tecnología, de conformidad con la transición eléctrica y los tratados

internacionales aplicables que en el apartado correspondiente dentro de este mismo capítulo se aborda su vinculación.

III.3.2 Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo (2016-2022)

El Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022, define el hilo conductor para guiar el rumbo de la administración pública y el desarrollo de la entidad; establece principios rectores además de una filosofía general de gobierno, formula diagnósticos y análisis estratégicos, integra una plataforma estratégica con objetivos y líneas generales y los vincula a indicadores estratégicos con metas para el periodo actual de gobierno y metas hacia el 2030, presenta escenarios por eje de desarrollo y define una apertura de comunicación en el marco de una gestión basada en resultados.

El Plan se compone de cinco grandes ejes, contruidos bajo un enfoque integral en el que confluyen las distintas esferas del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental, así como la relación existente entre estas y su interacción con el medio físico. Dichos ejes se presentan a continuación.

Tabla III.17 Ejes rectores del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022 del estado de Hidalgo

Eje	Descripción general
1. Gobierno honesto, cercano y moderno	<i>En el Eje 1 se desarrollan acciones encaminadas a: eliminar la corrupción, impulsar la participación ciudadana, transitar a un gobierno digital, aplicar una mejora regulatoria, incentivar la cooperación con los municipios y la Federación, y contar con un fortalecimiento hacendario y la administración que posibilite el eficiente ejercicio de recursos, la construcción de un gobierno abierto a la ciudadanía y la consecuente evaluación permanente y clara de los resultados alcanzados, con mediciones objetivas e imparciales, bajo procesos de ampliar participación y colaboración social.</i>
2. Hidalgo próspero y dinámico	<i>La situación económica del estado demanda aumentar las inversiones y los empleos en las distintas regiones del mismo, a través de la promoción de un crecimiento económico sostenible e incluyente. En este eje se presenta la estrategia a corto, mediano y largo plazo para fortalecer y mejorar las condiciones del entorno económico estatal de atracción de talento e inversión como son la infraestructura de innovación y de conectividad, diversificación económica y certidumbre jurídica para la realización de negocios.</i>

Eje	Descripción general
3. Hidalgo humano e igualitario	<i>Consciente de la relación entre las dimensiones sociales, económica y ambiental del desarrollo sostenible, esta administración busca promover una sociedad estable, próspera e inclusiva, en donde a través de la educación, la salud, la cultura y el deporte, se promueven acciones conjuntas para superar la pobreza y la desigualdad.</i>
4. Hidalgo seguro con justicia y paz	<i>Un Hidalgo seguro, con justicia y en paz para la población hidalguense, es uno de los pilares fundamentales de este gobierno, donde garantizamos el pleno ejercicio de los intereses particulares en lo individual y colectivo, en un marco de respeto a las leyes que fomenten la cultura de su cumplimiento y así, enaltecer los derechos de la población del estado bajo una visión incluyente y con perspectiva de género.</i>
5. Hidalgo con desarrollo sostenible	<i>El estado de Hidalgo requiere adoptar nuevas formas y patrones de aprovechamiento sostenible de recursos a fin de promover las condiciones necesarias para el desarrollo de la población y la preservación de un medio ambiente sano y equilibrado.</i>

Se expone la congruencia del proyecto con los ejes 2 y 5, por lo que a continuación se presentan los objetivos y líneas de acción específicos con los que se alinea el proyecto.

Tabla III.18 Congruencia del proyecto con los ejes y las estrategias establecidas en el Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo 2016-2022

Eje	Estrategia
-2. Hidalgo próspero y dinámico	2.2.1 Impulsar la atracción de investigaciones, favoreciendo el incremento de los flujos de inversión nacional y extranjera directa captados por el estado de Hidalgo.
5. Hidalgo con desarrollo sostenible	5.1.4 Garantizar la dotación de energía a la población hidalguense para el desempeño de todas las actividades personales, sociales y productivas, bajo esquemas sostenibles de eficiencia energética.
	5.5.1 Asegurar el equilibrio ambiental en el ámbito forestal, mediante la conservación y restauración, incorporando esquemas de aprovechamiento sostenible.
	5.5.2 Asegurar la preservación del patrimonio estatal en especies de flora y fauna a mediano y largo plazo

Derivado de lo anterior, el presente proyecto es congruente y se ajusta con los objetivos y estrategias descritas en el Plan de Desarrollo de Hidalgo (2016-2022).

III.3.3 Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Nopala de Villagrán (PMDUyOTNV)

El crecimiento de los asentamientos humanos desde las últimas décadas y en especial en la actualidad requieren de manera prioritaria, necesaria e indispensable de esquemas de planeación urbana y territorial que permita a las autoridades competentes encargadas de la toma de decisiones en comparación con la ciudadanía, asumir el compromiso de orientar el rumbo del desarrollo y crecimiento de sus comunidades hacia una imagen preestablecida, siempre orientada a favorecer a las mayorías como promotores del bienestar colectivo y la constante mejora de la calidad de vida de la población mediante la mejora constante de las condiciones de habitabilidad de las comunidades.

Bajo este escenario de planeación, se hace necesaria la realización de un programa de desarrollo urbano y ordenamiento territorial orientado principalmente a la definición de usos de suelo, mejoramiento de infraestructura y equipamiento urbano, orientado hacia un impulso de un desarrollo local más integral fortaleciendo el desarrollo económico, social y procurando el respeto a los recursos naturales cuidando el aspecto ambiental. Derivado de esta necesidad nace el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Nopala de Villagrán, el cual fue publicado en el Periódico Oficial del estado de Hidalgo, el 9 de septiembre de 2013.

Estrategia general

La estrategia general del PMDUyOTNV se orienta a sentar las bases para un desarrollo ordenado, funcional y respetuoso del medio ambiente. Para ello, obliga al cumplimiento de un conjunto de estrategias, a través de las cuales se pretende alcanzar la consolidación urbana y reducir la expansión irregular; inducir la preservación ecológica en las zonas agrícolas y configurar una red vial óptima y, promover el impulso económico del municipio; en el marco de ese instrumento, el proyecto de la planta fotovoltaica se alinea cabalmente (Tabla III.19).

Tabla III.19 Vinculación del proyecto con las estrategias establecidas en el PMDUyOTNV

Estrategia	Vinculación del proyecto
<p><u>Consolidación urbana.</u> La cual tiene por objeto promover la consolidación urbana sobre suelo periférico apto para el desarrollo urbano. Para lo cual se estima necesario contar por un lado con servicios y equipamientos adecuados que atiendan a la población local, y por otro, desarrollar las condiciones de infraestructura necesarias para favorecer el mejoramiento urbano, la movilidad urbana sustentable.</p>	<p>La presente estrategia alude claramente a una regulación para el desarrollo urbano; al respecto, dado que el presente proyecto corresponde a la construcción de una planta fotovoltaica y que no se pretende realizar construcciones para asentamientos humanos o que provoquen el crecimiento en la zona, la presente estrategia no guarda relación alguna con el proyecto.</p>

Estrategia	Vinculación del proyecto
<p><u>Control de la expansión urbana irregular.</u> Limitar la expansión de asentamientos humanos irregulares a través de controles, incentivos y desincentivos de desarrollo urbano que por un lado favorezcan la protección de zonas de preservación ecológica y de alto potencial agrícola, y por otro, promuevan la construcción de vivienda social en las zonas destinadas a la densificación y consolidación urbana.</p>	<p>La presente acción estratégica, compete a las autoridades municipales, ya que a través de sus acciones y programas pueden cumplir con los objetivos de controles, incentivos y desincentivos de desarrollo urbano de acuerdo a las necesidades de la zona. El proyecto no se encuentra ubicado dentro de algún asentamiento humano; por otra parte, su naturaleza lo aparta de cualquier, en adición a la naturaleza que guarda el mismo, no tiene relación vinculante con la presente acción estratégica.</p>
<p><u>Zonas agrícolas y de preservación ecológica.</u> En las zonas agrícolas de riego se promoverá la recuperación de productividad, con alto potencial, donde se establezcan granjas y ranchos agroindustriales principalmente en las zonas agrícolas ubicadas al sur-oriente del Municipio y gestionar programas de incentivo para el rescate y protección de las zonas de preservación ecológica y recarga acuífera.</p>	<p>El área donde se pretende establecer el proyecto, presenta un uso de suelo con antecedente agrícola, sin embargo el proyecto pretende la construcción de una planta fotovoltaica, por lo que la presente estrategia no resulta vinculante.</p>
<p><u>Movilidad sustentable y mejoramiento urbano.</u> Diseñar una óptima configuración de la red vial –con jerarquías bien definidas y acciones que garanticen su continuidad-, que estructure y consolide el crecimiento urbano, y además favorezca la accesibilidad y conectividad de las localidades de la zona.</p>	<p>La presente acción estratégica, compete a las autoridades municipales, ya que, a través de sus acciones y programas, se podrá lograr la óptima configuración de la red vial; por su parte el proyecto al pertenecer al sector eléctrico, le es inaplicable la acción estratégica en cita.</p>
<p><u>Promoción económica del territorio.</u> De acuerdo con el potencial económico del Municipio de Nopala de Villagrán y suposición estratégica en la geografía regional, asignar los incentivos y los controles de desarrollo urbano que permitan canalizar inversiones en infraestructura productiva y equipamientos, servicios eco-turísticos y agroindustriales, que favorezcan la especialización económica y la generación de empleos localmente.</p>	<p>El presente proyecto beneficiará directa e indirectamente a la economía del municipio, generando empleos y apoyando a la generación de energía eléctrica que el Estado demanda por lo que el municipio se verá beneficiado de una manera importante. Ahora bien, la acción de promoción económica es una actividad propia de las autoridades y a ellas corresponderá implementar los programas y determinar los incentivos conducentes.</p>
<p><u>Turismo.</u> Fortalecer y diversificar la oferta, turística, comercial y de servicios, así como su encadenamiento productivo, para impulsar el mercado interno y beneficiar a los consumidores y visitantes.</p>	<p>La acción en cita, le es inaplicable al proyecto, ya que el proyecto no contempla actividades relacionadas con el turismo, debido que su objeto es el aprovechamiento de la radiación solar, la cual será transformada en energía aprovechable bajo una técnica catalogada dentro de las energías renovables y limpias. Ahora bien, la presente acción corresponde a las autoridades y a ella deberá implementar los programas y determinar los incentivos conducentes.</p>
<p><u>Agropecuario.</u> Mantener la zona de alta productividad agrícola de riego ubicadas al sur poniente y nororiente del Municipio, que permita reorientar la selección de cultivos que actualmente se producen, hacia otros que</p>	<p>La presente estrategia no guarda relación con el proyecto, ya que se contempla la construcción de una planta fotovoltaica y no se planean realizar actividades relacionadas con el sector agropecuario.</p>

Estrategia	Vinculación del proyecto
ofrezcan mayor demanda y valor de mercado; asimismo se realizarán acciones tendientes al impulso del desarrollo de la agroindustria.	
<u>Industria.</u> Se considera el impulso de una zona para el establecimiento de industria ligera y mediana ubicada en la parte poniente del Municipio colindante con el Municipio vecino de Polotitlán, perteneciente al Estado de México.	Tal como se especifica en el presente capítulo, el proyecto que nos ocupa pretende la construcción de una planta fotovoltaica, la cual de acuerdo con sus características está catalogada como infraestructura eléctrica, por lo que la presente estrategia no es vinculante.
<u>Fortalecimiento de la administración pública municipal.</u> Modernización de procedimientos de gestión para brindar a la población mejores servicios públicos de calidad.	Derivado a la naturaleza de la acción estratégica, su cumplimiento comprende únicamente a las autoridades, por lo que no guarda relación con el proyecto.
<u>Definición de áreas.</u> De acuerdo a las proyecciones de población esperada, la demanda de suelo urbano a largo plazo para las principales localidades del Municipio de Nopala de Villagrán es de un total de 52.46 hectáreas, de las cuales actualmente se cuenta con baldíos importantes, por lo que se requiere proponer su incorporación al desarrollo urbano en estas localidades.	Derivado de la naturaleza del proyecto este no guarda relación con el mismo y su implementación y determinación esta conferida a las autoridades.

Las citadas estrategias están conferidas a las autoridades, ya que es el ente facultativo para realizar y desarrollar las acciones y programas que guíen y den cumplimiento a las estrategias en cita.

Ahora bien, el PMDUyOTNV regula la materia de uso de suelo y su compatibilidad, a través de la zonificación secundaria, la cual se expone a continuación.

Zonificación secundaria

El modelo de planeación que se siguió para ordenar los usos de suelo en el municipio de Nopala de Villagrán, hizo uso de un patrón de zonificación secundaria basado en tres umbrales: la densidad poblacional y la tendencia de desarrollo (industrial o comercial) y el destino de las áreas no urbanizables (Tabla III.20).

Tabla III.20 zonificación secundaria

Simbología	Zonificación secundaria
Área urbana y área urbanizable	
HO.5	Habitacional hasta 50 hab/Ha
H1	Habitacional hasta 100 hab/Ha
CS	Comercial y de servicios
IM	Industria mediana
IL	Industria ligera
EI	Equipamiento institucional
EIN	Equipamiento para infraestructura

Simbología	Zonificación secundaria
Área no urbanizable	
PEF	Protección ecológica forestal
PEPE	Protección ecológica protección especial
CA	Cuerpos de agua
PAR	Protección agrícola de riego
PAT	Protección agrícola de temporal
PUP	Protección usos pecuarios
PEUM	Protección ecológica usos múltiples
PERA	Protección ecológica de recarga de acuíferos

En este sentido el polígono dentro del cual se pretende establecer el proyecto, se encuentra en la zona secundaria de. Ahora bien, este espacio geográfico (PAR) pertenece a áreas no urbanizables, la cual, de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, un área urbanizable se define como:

“Área urbanizada: territorio ocupado por asentamientos humanos con redes de infraestructura, equipamiento y servicios”.

De acuerdo con lo antes expuesto, se infiere que las áreas no urbanizables son aquellos territorios no ocupados por asentamientos humanos. En este sentido, se hace la precisión de que el proyecto no pretende realizar construcción para asentamientos humanos o que promuevan la expansión de los asentamientos humanos en la zona, ya que su objetivo principal es la de construir una planta fotovoltaica.

Por su parte el PMDUyOTNV define el uso de suelo PAR como “zonas rústicas dedicadas a la agricultura de riego de alta productividad, con un ciclo anual, dos ciclos anuales o cultivos perennes, que por sus características es deseable que conserven su uso actual”. En este sentido, tal como se señala en el capítulo IV de la presente MIA-R basado en la cartografía del INEGI Serie VI y de los recorridos realizados en campo, se identificó que el uso de suelo actual de los terrenos donde se establecerá el proyecto, corresponde a zonas con uso preferentemente de agricultura de temporal anual y agricultura de temporal permanente, por tal motivo se determina la compatibilidad del proyecto con el uso de suelo aplicable, exponiéndolo de la siguiente manera:

Compatibilidad de usos de suelo

A efecto de establecer las mezclas más adecuadas de usos del suelo en las diferentes zonas en que se divide el territorio del municipio de Nopala de Villagrán, el PMDUyOTNV presenta una Tabla de Compatibilidad de Usos (PMDUyOTNV, 2013)¹⁴. En ella se establecen los usos permitidos, condicionados y prohibidos.

El proyecto en específico, es compatible de manera condicionada al uso de suelo PAR, el cual de acuerdo a los tipos de zona, estarán sujetos al cumplimiento de normas de control adicionales, tal y como se describe en la definición contenida en el presente programa municipal

de desarrollo, que a la letra dice: “se consideran usos condicionados aquellos que por su actividad provocan molestias por el congestionamiento de las vías que los sirven, la emisión de ruidos, polvos, humos, gases o partículas que puedan molestar a la población aledaña al sitio del establecimiento por simple saturación de otras infraestructuras del lugar. En los casos en que se detecten estos usos, la autoridad estatal estará en condiciones de prohibir o condicionar la expedición de la licencia respectiva a la imposición de las medidas de mitigación que ella juzgue conveniente a las autoridades normativas que en la materia exijan”.

Es importante señalar que las actividades y obras del proyecto no provocan molestias por el congestionamiento de las vías que los sirven, ya que este se encuentra alejado del centro de población; ahora bien las emisiones de ruido en la etapa de operación serán mínimas y en la etapa de construcción cumplirán en todo momento con las Normas Oficiales Mexicanas en materia de ruido, por otra parte sólo habrá polvos, humos, gases o partículas que puedan molestar a la población aledaña al sitio del establecimiento por simple saturación de otras infraestructuras del lugar.

Adicionalmente a lo antes expuesto, en la presente MIA-R se presentan en el capítulo VI, las medidas preventivas y de mitigación que atenderán a los impactos ambientales identificados y evaluados, principalmente aquellos considerados como impactos relevantes en la etapa de construcción y operación del sitio que previenen y reducen los efectos señalados en el párrafo inmediato anterior.

III.4 Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas.

III.4.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de jurisdicción federal, estatal o local

El área del proyecto no se encuentra en ninguna área natural protegida de competencia federal, estatal o local. El ANP más cercano se ubica al suroeste 3.22 km, el cual es de competencia estatal y es el Parque Estatal Santuario del agua Sistema Hidrológico Presa Huapango (ver ANX.VIII.III.1)

Tabla III.21 ANP's de competencia federal, estatal y local, cercanas al proyecto

Nombre	Categoría de Decreto	Región CONANP	Fecha de decreto	Programa de Manejo	Distancia (Km)
					AeP
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA FEDERAL					
Tula	Parque Nacional	Centro y eje Neovolcánico	27/05/1981	No	48.44
Mariposa monarca	Reserva de la biosfera	Centro y eje Neovolcánico	03/11/2009	Si	45.46
El Cimatario	Parque Nacional	Centro y eje Neovolcánico	21/07/1982	No	59.56

Nombre	Categoría de Decreto	Región CONANP	Fecha de decreto	Programa de Manejo	Distancia (Km)
					AeP
Los Mármoles	Parque Nacional	Centro y eje Neovolcánico	08/09/1936	No	72.51
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA ESTATAL Y LOCAL					
Parque estatal santuario del agua Sistema Hidrológico Presa Huapango	Parque Estatal Santuario del Agua	ANP Estatal	08/06/2004	No	3.22
Rancho Huixcazhdha	Zona de preservación ecológica de los Centros de población.	ANP Municipal	05/06/2007	Si	5.73
La Cañada Huixcazhdha	Zona de preservación ecológica de los Centros de población.	ANP Estatal	05/06/2007	Si	6.65
Área de uso común del Ejido Nopala	Área de uso común	ANP de tipo local (ejidal)	05/12/2005	No	13.67
Cerro Grande	Zona de preservación ecológica	ANP Estatal	04/08/2014	No	33.14

III.4.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

El área del proyecto no se ubica dentro de ninguna de las áreas de importancia para la conservación de las aves. La AICA más cercana está a 61.02 km al sur, y se trata de la AICA-36 Sierra Chincua (ver **ANX.VIII.III.2**)

Tabla III.22 AICA's cercanas al proyecto

Clave	Nombre	Especies	Categoría 1999	Categoría Birdlife 2007	Distancia (km)
					AeP
1	Lago de Texcoco	250	MEX-4-A	A1 A4i	108.87
2	Cuitzeo	291	G-1	A1 A2 A4i	102.31
8	El Zamorano	216	G-3	SC	74.51
35	Tlanchinol y bosques de montaña del Noreste de Hidalgo	399	Sin categoría	A1 A2 A3 A1 A4i	98.4

Clave	Nombre	Especies	Categoría 1999	Categoría Birdlife 2007	Distancia (km)
					AeP
36	Sierra Chincua	180	NA-2	A3	61.02
42	Huayacocotla	251	G-2	A1	126.44
56	Laguna de Yuriria	143	G-1	A1	128.34

III.4.3 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

El área del proyecto no se ubica dentro de ninguna región terrestre prioritaria. La RTP más cercana está a 40.9 km al suroeste, y se trata de la RTP-110 Sierra de Chincua (ver ANX.VIII.III.3).

Tabla III.23 RTP's cercanas al proyecto

Clave	Nombre	Valor para conservación	Problemática ambiental	Distancia (km)
				AeP
100	Cerro Zamorana	2 (100 a 1,000 km ²)	La extracción de leña y el uso ganadero son las principales causas de la reducción del área arbolada.	73.67
101	Sierra Gorda-Río Moctezuma	3 (mayor a 1,000 km ²)	Relativamente el área se encuentra conservada, salvo los sectores más húmedos, donde la presión de la agricultura y de la ganadería es fuerte.	53.39
107	Sierra Nevada	3 (mayor a 1,000 km ²)	Existe alta presión sobre las praderas naturales por la presencia de ganado vacuno y caprino.	134.78
110	Sierra de Chincua	3 (mayor a 1,000 km ²)	Entre los principales problemas en la región destacan la deforestación clandestina en altos niveles e incremento de la agricultura, además de ciertos aspectos sociales y los conflictos entre las actividades de conservación y de desarrollo.	40.90

III.4.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

Estas áreas tienen por objetivo establecer un marco de referencia, que puede ser considerado por diversos sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido, ya que su delimitación se efectúa por un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos de la nación, considerando las características de biodiversidad, y los patrones sociales y económicos.

El área del proyecto no se encuentra dentro de ninguna región hidrológica prioritaria. La RHP más cercana, se trata de RHP-64 Humedales de Jilotepec – Ixtlahuaca (ver **ANX.VIII.III.4**).

Tabla III.24 RHP's cercanas al proyecto

Clave	Nombre	Recursos hídricos		Problemática	Distancia (km)
		Léntico	Lotico		CUSTF
64	Humedales de Jilotepec - Ixtlahuaca	Presas Danxho, Taxhimay, El Molino, Trinidad Fabela, de Palos, Huaracha, Nadó, San Antonio, Sta. Elena, San Pedro, San Juanico, Tepetitlán, laguna de Huapango, bordos, lagos, manantiales termales	Río Lerma, el Molino, Ñadó, la Ladera, el Pescado, Coscomate, los Sabios, el Oro, los Arcos y arroyo Zarco	<p>Modificación del entorno: sobrepastoreo y tala forestal.</p> <p>Uso de recursos: acuicultura de especies introducidas del crustáceo <i>Cambarellus (Cambarellus) montezumae</i>, las carpas herbívoras <i>Ctenopharyngodon idella</i>, común <i>Cyprinus carpio</i> y dorada <i>Carassius auratus</i>, la lobina negra <i>Micropterus salmoides</i> y especies locales de pupos <i>Algansea barbata</i> y <i>Algansea tincella</i>, charal <i>Chirostoma humboldtianum</i> y pescado blanco <i>Chirostoma estor</i>. Reminiscencia cultural del México lacustre en consumo de invertebrados y anfibios por el hombre.</p>	25.22

Clave	Nombre	Recursos hídricos		Problemática	Distancia (km)
		Léntico	Lotico		CUSTF
61	Lagos-cráter del Valle de Santiago	7 lagos-cráter: Hoya Rincón de Parangueo, Hoya San Nicolás, Hoya Estrada, Hoya Blanca, Hoya La Cintura, Hoya La Alberca, Hoya Álvarez y Presa Solís	Río Lerma	<p>Modificación del entorno: la vegetación natural de la cuenca ha sido prácticamente sustituida por la práctica agrícola de temporal y de riego, por la alta densidad de población y la extracción masiva de leña. La combinación de las alteraciones humanas con épocas de sequía severa ha llevado a la degradación o desertificación (erosión y salinización de suelos) generalizada de la cuenca. Preocupa la fuerte deforestación y la sobreexplotación de los mantos freáticos.</p> <p>Contaminación: por desechos sólidos (basura), aguas residuales domésticas, (detergentes y blanqueadores) e industriales y agroquímicos.</p> <p>Uso de recursos: leña y pesca de especies introducidas del crustáceo <i>Cambarellus (Cambarellus) montezumae</i>, de las carpas dorada <i>Carassius auratus</i> y común <i>Cyprinus carpio</i> y de la tilapia negra <i>Oreochromis mossambicus</i>.</p>	65.96
75	Confluencia de las Huastecas	Presa Zimapán, lagos Meztitlán y Molango	Ríos Santa María, Bagres, Jalpan, de las Albercas, Naranja, Mesillas, Tamuín o Pánuco, Grande de Meztitlán, San Pedro, Gallinas, Tampaón, Choy, Moctezuma, Ojo Frío, Tempoal o Calabazo,	<p>Modificación del entorno: las zonas bien conservadas son de difícil acceso. Hay tala inmoderada y sobreexplotación del manto freático por la fábrica de refrescos Pepsi.</p> <p>Contaminación: por manganeso, mercurio, coliformes, derivados del beneficio del café (alta DBO).</p>	67.87

Clave	Nombre	Recursos hídricos		Problemática	Distancia (km)
		Léntico	Lotico		CUSTF
			Tulancingo, Hondo, Amajac, del Hule, Axtla y Matlapa, arroyos, manantiales, cascadas, aguas hidrotermales	Uso de recursos: hay sobreexplotación de acuíferos que limitan la recarga de mantos freáticos para el abastecimiento de agua industrial, urbana y presas. Algunos manejos inadecuados por parte de ingenios azucareros. Reforestación con especies exóticas de <i>Eucalyptus</i> spp. Cacería furtiva. Actividades asociadas a la minería y yacimientos de petroleros.	

III.5 Normas Oficiales Mexicanas

Tomando en consideración el carácter obligatorio de las presentes normas y en obediencia a su objeto dirigido a la regulación y especificación técnica para dar cumplimiento a las obligaciones derivadas de los reglamentos o leyes, es que se vinculan al proyecto todas aquellas relativas a la normatividad ambiental y social, que son las concernientes al agua, suelo, residuos, aire, ruido, flora, fauna; así como las referentes a la protección y seguridad.

Exponiéndolo de la siguiente manera:

Tabla III.25 Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables

Norma Oficial Mexicana	Vinculación
Agua	
NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	Se acatarán los parámetros con la finalidad de tener una correcta disposición de las aguas residuales durante las diversas etapas del proyecto. En relación con los residuos de los sanitarios, se contratará a empresa externa que garantice el manejo adecuado de los residuos. Debido a la falta de drenaje municipal, para el adecuado manejo y destinos de aguas residuales, se considera la implementación de fosas sépticas acatando la reglamentación aplicable.
NOM-006-CNA-1997 Fosas sépticas prefabricadas- especificaciones y métodos de prueba.	Se atenderán las especificaciones técnicas de esta norma en los procesos de establecimiento de fosas sépticas prefabricadas en relación con las aguas

Norma Oficial Mexicana	Vinculación
	residuales sanitarias a generarse dentro de la operación del presente proyecto.
<p>Observando el área donde se pretende realizar el proyecto, se destaca la falta de drenaje y alcantarillado municipal, situación que origina la contratación de pipas para el suministro de agua; aunado a lo anterior, se hace mención que en ningún momento serán utilizadas aguas tratadas ni se realizará tratamiento de aguas. Por las razones expuestas en el presente párrafo, son inoperantes las normas NOM-004-CON-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997, que se mencionan por su importancia, sin embargo, irrelevantes con el proyecto que nos ocupa.</p>	
Suelo	
<p>NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.</p>	<p>En la totalidad del proyecto se implementarán esquemas de prevención a la contaminación del suelo y para el supuesto de una posible contaminación al suelo, se atenderá a lo señalado en la norma que se vincula, así como lo consagrado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento.</p>
Residuos	
<p>NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.</p>	<p>Ambas normas se vinculan de manera conjunta y se acatarán en referencia a los residuos que habrán de generarse durante la realización del proyecto que nos ocupa. Primeramente, se implementará un programa de clasificación de residuos atendiendo a los procedimientos de identificación con base en los listados consagrados en la NOM-052-SEMARNAT-2005. Dentro del proyecto se realizará un programa de manejo integral de residuos el cual prevé para los casos de residuos peligrosos, el envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos. De igual forma, se realizarán actividades de recolección, transporte y disposición final en los sitios autorizados para ello, en cuanto a los residuos no peligrosos.</p>
Aire	
<p>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.</p>	<p>Dentro del proyecto se contempla la utilización de maquinaria, equipo y vehículos automotores con uso de gasolina. En la totalidad del proyecto que nos ocupa, se atenderán los estándares, limitaciones y parámetros establecidos respecto de la emisión de gases contaminantes, cumpliendo con lo permitido en la presente norma.</p>
<p>NOM-045-SEMARNAT-2017 Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos</p>	<p>También dentro del proyecto serán utilizados vehículos que operan con diésel como combustible, de igual forma serán sometidos a los procedimientos relativos y</p>

Norma Oficial Mexicana	Vinculación
<p>permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.</p>	<p>se operarán en todo momento sin excepción de acuerdo con los límites máximos de emisiones contaminantes permisibles.</p>
<p>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.</p>	<p>La totalidad de los vehículos automotores utilizados en el proyecto para transporte de personal y equipo serán sometidos a los métodos de prueba para la evaluación de las emisiones y que en todo momento deberán encontrarse dentro de los límites permisibles.</p>
Ruido	
<p>NOM-080-SEMARNAT-1994 Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</p>	<p>Si bien, se requerirá el uso de vehículos, maquinaria y equipos que son considerados en la norma que se vincula, en todo momento y preponderantemente en las etapas de mayor utilización de estos se encontrarán durante el tiempo que sean requeridos, en los mejores aspectos de mantenimiento para su operación, obedeciendo en todo momento los límites de emisión de ruido establecidos.</p>
<p>NOM- 081-SEMARNAT-1994 Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.</p>	<p>Esta norma se acata, comprometiendo al proyecto a los límites máximos permisibles de emisión de ruidos, aun cuando por su naturaleza no se contempla la generación de ruidos en fuentes fijas.</p>
<p>NOM-011-STPS-2001 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido</p>	<p>En las etapas del proyecto en las que se pueda generar ruido, se acatarán las medidas establecidas en la norma en comento con la finalidad de dar cumplimiento a la misma y evitar cualquier alteración en la salud de los trabajadores.</p>
Flora y fauna	
<p>NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.</p>	<p>Parte fundamental de los diversos estudios del presente proyecto son los levantamientos de caracterización biótica del sitio y el Sistema Ambiental Regional. De estos levantamientos, se obtuvieron los listados tanto de la fauna como de la flora presentes en el AeP, AiP y el SAR, sin encontrarse especies enlistadas dentro de la citada NOM.</p> <p>Sin embargo, el proyecto contempla diversas medidas de mitigación entre las que se encuentran los programas de rescate y reubicación de flora y fauna, dándose especial énfasis a especies enlistadas en la NOM-059, en caso de encontrarse.</p>
Protección y seguridad	

Norma Oficial Mexicana	Vinculación
NOM-004-STPS-1999 Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	En todo momento se implementarán los sistemas de protección, así como los mecanismos de seguridad, en obediencia a esta Norma Oficial Mexicana. En cuanto hace a la maquinaria y equipo necesarios dentro de la etapa de construcción del proyecto.
NOM-007-ASEA-2016, Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.	Si bien, la ubicación del proyecto guarda distancias de separación superiores al límite establecido como mínimo respecto del derecho de vía otorgado en la presente norma en cuanto a ductos de transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón. Se menciona esta norma y se vincula el proyecto con la misma, a fin de hacer del conocimiento de la Autoridad que se cumplirán los requerimientos normativos aplicables dirigidos al reforzamiento de la seguridad y prevención de riesgos. Se hace hincapié en que en ninguna de las etapas del proyecto se prevé la interacción con este tipo de infraestructura.

III.6 Instrumentos jurídicos de carácter internacional

La suscripción de tratados internacionales por el titular del poder ejecutivo de nuestra Nación y ratificados por el poder Legislativo, genera la obligatoriedad de estos con un carácter constitucional dirigiendo al orden jurídico vigente a acatar y adoptar las medidas en ellos establecidas.

En materia ambiental y en atención a la naturaleza del proyecto que nos ocupa, se mencionan los principales instrumentos de carácter internacional que se vinculan con el presente proyecto, sirviendo como base y fundamento de su viabilidad.

III.6.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Suscrita el nueve de mayo de mil novecientos noventa y dos, iniciando su vigencia el veintiuno de marzo de mil novecientos noventa y cuatro, firmada por el Gobierno de México el trece de junio de mil novecientos noventa y dos y aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores el tres de diciembre de mil novecientos noventa y dos; haciendo constar en el ámbito internacional su consentimiento en adquirir las obligaciones y lineamientos de dicho instrumento. Compromisos de elaboración, actualización periódica y publicación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, así como la formulación, instrumentación, publicación y actualización de manera regular de programas nacionales, en su caso regionales, que contengan medidas para mitigar el cambio climático encaminadas a la mitigación de emisiones en las áreas energética y forestal, así como medidas para facilitar la correcta adaptación al cambio climático.

En consecuencia, de la suscripción de instrumentos de esta naturaleza y carácter obligatorio, México deberá contribuir al saneamiento del cambio climático. Un desarrollo trascendental en materia energética es la utilización de instrumentos tecnológicos de las energías limpias o renovables que captan la energía de carácter natural, siendo parte de las medidas más eficaces para contrarrestar el efecto invernadero. Esta aseveración en atención a que el sector eléctrico convencional es causante del veintinueve por ciento de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial. La implementación de proyectos como el que nos ocupa tiene su origen en instrumentos como el que se cita, por ser una fuente de energía eléctrica, derivada de la captación de energía solar, sin emisión de contaminantes o generación de residuos, contrario a los métodos convencionales causantes de los factores nocivos del planeta.

III.6.2 Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Firmado el once de diciembre de mil novecientos noventa y siete, iniciando su vigencia el dieciséis de febrero de dos mil cinco. Posteriormente tuvo lugar la decimoctava Conferencia de las Partes sobre el Cambio Climático ratificando su segundo periodo de vigencia corriendo desde enero de dos mil trece hasta el mes de diciembre de dos mil veinte.

Este protocolo se crea con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento del planeta, siendo un instrumento para ejecutar las acciones acordadas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En ella se especifican como los principales causantes del efecto invernadero las emisiones de vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno y ozono.

El Protocolo en cita logró que los gobiernos establecieran leyes y políticas para cumplir sus compromisos ambientales, dotar al medio ambiente como prioridad en las decisiones de inversión del sector privado entre otros.

Derivado de la suscripción del Protocolo y las medidas adoptadas en consecuencia, México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en desarrollo de proyectos MDL (Mecanismo para Desarrollo Limpio) en las áreas de recuperación de metano, energías renovables, eficiencia energética, procesos industriales y manejo de desechos, entre otros. Destacando por su relevancia en el proyecto que nos atañe, a las energías renovables, siendo el aprovechamiento de la energía solar mediante plantas fotovoltaicas una energía renovable cuyo beneficio y aporte al medio ambiente es la nula emisión de contaminantes en comparación con las centrales térmicas, así como la omisión de generación de residuos como las generadas por los medios convencionales.

En este sentido, el proyecto ejecuta también lo establecido en la fracción I del artículo 2 de este Protocolo que indica la obligación de las partes para fomentar la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional que corresponda. Observando el desarrollo y aprovechamiento de nuevas formas no extractivas y renovables de energía. Encaminando la

implementación de tecnologías de reciente creación y ecológicamente sustentables, como lo es el proceso fotovoltaico.

III.6.3 Agenda 2030¹⁵

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros que la suscribieron y será la guía de referencia para el trabajo de la institución en pos de esta visión duradera los próximos 15 años. La Agenda 2030 es una agenda transformadora, que pone a la igualdad y dignidad de las personas en el centro y llama a cambiar nuestro estilo de desarrollo, respetando el medio ambiente. Es un compromiso universal adquirido tanto por países desarrollados como en vías de desarrollo, en el marco de una alianza mundial reforzada, que toma en cuenta los medios de implementación para realizar el cambio y la prevención de desastres por eventos externos, así como la mitigación y adaptación al cambio climático.

En este sentido, el proyecto se alinea directamente con el objetivo 7 de esta Agenda 2030 la cual menciona *“La energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. Ya sea para los empleos, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos, el acceso a la energía para todos es esencial”*.

“La energía sostenible es una oportunidad – que transforma vidas, economías y el planeta”.

Bajo este contexto, el presente proyecto se trata de la construcción de una planta fotovoltaica para la generación de energía eléctrica a través de la radiación solar, por tal motivo el proyecto pertenece al grupo de energías limpias. Por otro lado, con la construcción de este parque fotovoltaico se impulsará la economía en la zona, ya que se generarán empleos para las diversas etapas con las que cuenta este proyecto, apegándose así a este objetivo marcado en la Agenda 2030.

III.7 Bibliografía

-
- ¹ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. DOF 28 de enero de 1988 y su última reforma publicada el 05 e3 junio de 2018.
 - ² Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. DOF 30 de mayo de 2000 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.
 - ³ Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. DOF 25 de febrero de 2003 y su última reforma publicada el 5 de junio de 2018.
 - ⁴ Ley General de Vida Silvestre. DOF 03 de julio de 2000 y su última reforma publicada el 19 de enero de 2018.
 - ⁵ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF 08 de octubre de 2003 y su última reforma publicada el 19 de enero de 2018.
 - ⁶ Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. DOF 30 de noviembre de 2006 y su última reforma publicada el 31 de octubre de 2014.
 - ⁷ Ley General de Cambio Climático. DOF 06 de junio de 2012 y su última reforma publica el 13 de julio de 2018.
 - ⁸ Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. DOF 28 de octubre de 2014.
 - ⁹ Ley de Transición Energética. DOF 24 de diciembre de 2015.
 - ¹⁰ Ley de Aguas Nacionales. DOF 1 de diciembre de 1992 y su última reforma publicada el 06 de enero de 2020.
 - ¹¹ Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. DOF 12 de enero de 1994 y su última reforma publicada el 25 de agosto de 2014.
 - ¹² Anón. 2012. ACUERDO por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2012.
 - ¹³ INEGI, 2013. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
 - ¹⁴ H. Ayuntamiento de Nopala de Villagrán Hgo. 2013. Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de Nopala de Villagrán. Recuperado de <http://nopala.gob.mx/documentos/PMDUyOT.pdf> pag 343-349
 - ¹⁵ Naciones Unidas. 2018. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681), Santiago.

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**

**CAPÍTULO IV. Descripción del
Sistema Ambiental Regional (SAR)
y señalamiento de tendencias de
desarrollo y deterioro de la región.**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 02.may.2020

TABLA DE CONTENIDO

IV. Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región. _____ 1

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde se pretende establecer el proyecto _____ 4

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional _____ 9

IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad del ambiente en el SAR. _____ 10

IV.3 Elementos del ambiente _____ 10

IV.3.1 Medio abiótico _____ 10

IV.3.1.1 Climas _____ 10

IV.3.1.2 Fenómenos meteorológicos _____ 14

IV.3.1.3 Geomorfología _____ 15

IV.3.1.4 Edafología (suelos) _____ 20

IV.3.1.5 Hidrología superficial y subterránea _____ 22

IV.3.1.6 Aire _____ 25

IV.3.2 Medio biótico _____ 25

IV.3.2.1 Vegetación _____ 25

IV.3.2.2 Fauna _____ 71

IV.3.3 Medio socioeconómico _____ 128

IV.3.4 Paisaje _____ 134

IV.4 Diagnóstico ambiental _____ 151

IV.5 Árbol de factores ambientales _____ 159

IV.6 Bibliografía _____ 160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1 Tipos de climas y sus subtipos en el Sistema Ambiental Regional 11

Tabla IV.2 Normales climatológicas de las estaciones Presa Madero y Maravillas del periodo 1981 a 2010..... 12

Tabla IV.3 Clasificación de los ciclones tropicales..... 15

Tabla IV.4 Características de las unidades geomorfológicas en el SAR 16

Tabla IV.5 Características de las unidades litológicas del SAR 17

Tabla IV.6 Regionalización sísmica de México (CFE, 2015) 19

Tabla IV.7 Características de las unidades edafológicas dentro de sistema ambiental regional (SAR) 20

Tabla IV.8 Características de los agentes erosivos en el territorio nacional 22

Tabla IV.9 Cuencas y subcuencas que conforman la Región Hidrológica 26 Panuco 22

Tabla IV.10 Extracción de agua subterránea en el acuífero 24

Tabla IV.11 Balance hidrometeorológico del acuífero Huichapan – Tecozautla	24
Tabla IV.12 Cobertura forestal y no forestal en el estado de Hidalgo.....	26
Tabla IV.13 Superficie por uso de suelo y vegetación del SAR (Serie VI, INEGI)	26
Tabla IV.14 Especies POTENCIALES en el SAR, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	31
Tabla IV.15 Superficie forestal y no forestal en el AeP (determinación <i>in situ</i>)	31
Tabla IV.16 Coordenadas de PM de vegetación en el AeP.....	33
Tabla IV.17 Coordenadas de PM de vegetación en el SAR.....	33
Tabla IV.18. Representatividad estadística del muestreo en el MC del AeP.....	37
Tabla IV.19 Representatividad estadística del muestreo en la Vsa/MC del AeP	37
Tabla IV.20. Representatividad estadística del muestreo en el MC del SAR.....	38
Tabla IV.21 Representatividad estadística del muestreo en la Vsa/MC del SAR	38
Tabla IV.22. Especies de flora registradas en el MC y la Vsa/MC del AeP.....	40
Tabla IV.23. Especies de flora registradas en el AeP enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	41
Tabla IV.24. Especies de flora registradas en el MC y la Vsa/MC del SAR.....	46
Tabla IV.25 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en el MC en el AeP	53
Tabla IV.26 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC en el AeP	55
Tabla IV.27 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en el MC del SAR	56
Tabla IV.28 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC del SAR	58
Tabla IV.29 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en el MC en el AeP.....	62
Tabla IV.30 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC en el AeP.....	63
Tabla IV.31 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en el MC del SAR	65
Tabla IV.32 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC del SAR	67
Tabla IV.33 Análisis comparativo de diversidad de vegetación (SAR vs AeP)	70
Tabla IV.34 Coordenadas de los puntos de muestreo de fauna	82
Tabla IV.35 Anfibios potencialmente presentes en el SAR	94
Tabla IV.36 Reptiles potencialmente presentes en el SAR.....	95
Tabla IV.37 Aves potencialmente presentes en el SAR	96
Tabla IV.38 Mamíferos potencialmente presentes en el SAR	98
Tabla IV.39 Listado de reptiles registrados en campo	100
Tabla IV.40 Especies de aves registradas en el AeP	102
Tabla IV.41 Altura de vuelo de algunos grupos de aves	108
Tabla IV.42 Listado de mamíferos registrados en el polígono del proyecto	112
Tabla IV.43 Estimadores paramétricos y no paramétricos para aves	113
Tabla IV.44 Estimadores paramétricos y no paramétricos para mamíferos	115
Tabla IV.45 Riqueza y abundancia de aves registradas.....	117
Tabla IV.46 Riqueza y abundancia de mamíferos registrados.....	117
Tabla IV.47 Índice de Shannon para la mastofauna	118
Tabla IV.48 Índices de diversidad de avifauna	118

Tabla IV.49 Valores del índice de diversidad de Shannon.....	120
Tabla IV.50 Valores de diversidad de la fauna registrada	120
Tabla IV.51 Criterios para asignar valor biológico, amenaza o riesgo y oportunidad de conservación	121
Tabla IV.52 Características de los ecosistemas	122
Tabla IV.53 Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas.....	124
Tabla IV.54 Producto interno bruto per cápita nacional, estatal y municipal.....	129
Tabla IV.55 Contribución de las actividades económicas al PIB estatal.....	130
Tabla IV.56 Porcentaje de población ocupada por actividad económica en Nopala de Villagrán	130
Tabla IV.57 Población indígena auto adscrita, en Nopala de Villagrán	133
Tabla IV.58 Población de 5 años o más, hablante de lengua indígena en Nopala de Villagrán	133
Tabla IV.59 Población de riesgo a COVID-19 en Nopala de Villagrán	134
Tabla IV.60 Población de Nopala de Villagrán afiliada a servicios de salud (COESPO, 2015 Op Cit).....	134
Tabla IV.61 Unidades médicas en Nopala de Villagrán por institución del sector salud (COESPO, 2015 Op Cit)	134
Tabla IV.62 Factores utilizados para medir la fragilidad del paisaje	140
Tabla IV.63 Modelo de calidad visual del paisaje (Solari y Cazorla, 2009).....	141
Tabla IV.64 Factores del paisaje determinantes de la CAV (Yeomans, 1986)	148
Tabla IV.65 Factores del paisaje determinantes de la CAV del SAR y AeP	149
Tabla IV.66 Criterios para definir el grado de deterioro del matorral crasicaule con base en variables estructurales de <i>Opuntia</i>	153
Tabla IV.67 Grado de deterioro del matorral crasicaule primario y secundario presente en el SAR y AeP, con base en variables estructurales de <i>Opuntia</i>	153
Tabla IV.68 Especies registradas en campo, consideradas indicadoras de perturbación o introducidas	154
Tabla IV.69 Proporción de matorral crasicaule en estado primario y secundario en el SAR (1985 y 2014, INEGI).....	155
Tabla IV.70 Indicadores para la valoración de los SEc's en el SAR	157
Tabla IV.71 Valoración de la calidad de los SEc's en el SAR	158
Tabla IV.72 Árbol de factores ambientales	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1 Proceso seguido para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR)	5
Figura IV.2 Procesos para determinar las microcuencas de la unidad de análisis.....	7
Figura IV.3 Sistema Ambiental Regional	8
Figura IV.4 Climogramas de las estaciones meteorológicas Presa Madero y Maravillas.....	13
Figura IV.5 Susceptibilidad a inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes y movimiento de tierra).	19
Figura IV.6 Mapa de Isotacas CFE para periodo de retorno de 50 años y rosa de los vientos.	25
Figura IV.7 Mapa de usos de suelo y vegetación presentes en el Sistema Ambiental Regional.....	27
Figura IV.8 Metodología para la caracterización de la composición florística	29
Figura IV.9 Diversidad potencial de flora en el SAR	30
Figura IV.10 Distribución potencial de la riqueza florística del SAR por tipo de vegetación	30

Figura IV.11 Tipo de vegetación en el AeP determinada <i>in situ</i>, superficie de CUS.....	32
Figura IV.12 Forma de los sitios de muestreo para la caracterización vegetal.....	34
Figura IV.13 Trabajo de campo para la caracterización del matorral crasicaule en estado primario y secundario ..	35
Figura IV.14 Curvas de acumulación de especies para el MC en el AeP	43
Figura IV.15 Curvas de acumulación de especies para la Vsa/MC en el AeP	45
Figura IV.16 Curvas de acumulación de especies para el MC en el SAR	49
Figura IV.17 Curvas de acumulación de especies para la Vsa/MC en el SAR	50
Figura IV.18 Componentes del índice de valor de importancia.....	51
Figura IV.19 Metodología para la caracterización de la fauna.....	78
Figura IV.20 Estructura de las categorías.....	82
Figura IV.21 Ubicación de los puntos de muestreo del polígono del proyecto PSFv Hidalgo.....	83
Figura IV.22 Búsqueda, registro e identificación de reptiles	84
Figura IV.23 Búsqueda, registro e identificación de especies de aves.....	85
Figura IV.24 Búsqueda, registro e identificación de especies de mamíferos.....	87
Figura IV.25 Riqueza de especies observada y estimada.....	89
Figura IV.26 <i>Sceloporus mucronatus</i> avistado durante el trabajo de campo.....	101
Figura IV.27 <i>Sceloporus scalaris</i> registrado en el AeP	102
Figura IV.28 Especies de aves registradas en el AeP.....	105
Figura IV.29 Ruta central de migración.....	107
Figura IV.30 Evidencia fotográfica de mamíferos registrados en el AeP	112
Figura IV.31 Curvas de acumulación de riqueza de aves	114
Figura IV.32 Curvas de acumulación de riqueza de mamíferos	116
Figura IV.33 Procesos hidrológicos del ecosistema (CONABIO, 2008).....	125
Figura IV.34 Procesos energéticos del ecosistema (CONABIO, 2008).....	126
Figura IV.35 Procesos biogeoquímicos del ecosistema (CONABIO, 2008)	127
Figura IV.36 Flujo de migración en el Estado de Hidalgo.....	129
Figura IV.37 Municipios con población indígena de Hidalgo	131
Figura IV.38 Pueblos indígenas con mayor presencia en Hidalgo, al 2015	132
Figura IV.39 Paisaje actual del AeP	136
Figura IV.40 Elementos del paisaje (Burdel y Baudry, 2011)	137
Figura IV.41 Mosaico paisajístico del SAR.....	138
Figura IV.42 Vista panorámica del AeP	141
Figura IV.43 Componentes del paisaje presente en el AeP	143
Figura IV.44 Calidad visual del entorno del AeP	144
Figura IV.45 Calidad del fondo escénico del AeP	145
Figura IV.46 Visibilidad en el área de establecimiento de proyecto	147
Figura IV.47 Características del paisaje en el AeP.....	151

IV. Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias de desarrollo y deterioro de la región.

La integración del presente capítulo se fundamenta en la importancia y necesidad de dar a conocer a la autoridad un análisis minucioso de las particularidades del sistema ambiental regional (SAR), donde se pretende establecer el proyecto “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”, en lo sucesivo el proyecto. El objetivo principal es realizar una correcta delimitación del SAR y así poder elaborar un diagnóstico ambiental del entorno donde se llevará a cabo el proyecto, al detallar las principales directrices de desarrollo y deterioro de la región que pudieran asociarse al mismo.

La importancia de representar el SAR, para efectos del estudio de impacto ambiental, reside en el reconocimiento del estado cero (o sin proyecto) del espacio geográfico en donde se pretende desarrollar el proyecto, para después valorar cuáles serán los impactos adversos, así como los beneficios que resulten de su ejecución, cuyas alternativas, diseño y medidas de mitigación que se propongan serán de acuerdo con los resultados en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

El concepto de sistema ambiental regional, como una unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación de impacto ambiental, conlleva a identificar y caracterizar un área geográfica en la cual se pretenda insertar un proyecto determinado. La particularidad de este proceso hace que el binomio ambiente-proyecto, alcance su objetivo en términos de valoración de sus efectos sobre el ecosistema, lo cual sólo es posible si previamente existe una evaluación de las características del espacio geográfico y de su delimitación, utilitaria, pero precisa.

Es necesario mencionar que ni la LGEEPA ni el reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental ofrecen una definición de lo que puede comprenderse como un sistema ambiental

regional, sin embargo, en la guía para elaborar la MIA-Regional¹ se plantean lineamientos para definir el SAR, con base en la congruencia y detalles con la que se identifican y caracterizan cada uno de los ecosistemas que influyen en el área de estudio, con un soporte científico que permita el análisis para la integración ambiental de cada uno de sus factores (bióticos y abióticos).

Por lo anterior, esta área se circunscribe como una unidad geográfica, inventariable y cartografiable de un ecosistema, así mismo como un espacio finito, definiéndolo con base en las interacciones entre lo biótico, abiótico y socioeconómico del espacio geográfico en donde se pretende desarrollar el proyecto, habitualmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se empleará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales de aprovechamiento.

La propuesta del sistema ambiental regional para este proyecto se encuentra definido bajo un enfoque ecosistémico, debido a que se localiza en una organización vital dentro de un espacio determinado, en el que se debe observar la interacción entre los distintos factores bióticos (flora y fauna), abióticos y socioeconómicos del área geográfica estudiada, por ello, el concepto que se asume en esta MIA-R se ajusta a la definición de “sistemas”: *conjunto de elementos que interactúan de manera dinámica hacia un objeto único.*

En este sistema la sinergia de las externalidades incide sobre él, lo cual resulta en un efecto mayor del que se registra de manera individual, derivando en la organización de un sistema, donde mantiene una autonomía dentro de sus procesos de regulación y ajuste, que hacen posible conservar su integridad estructural a lo largo de un periodo prolongado. Esta biostasia representa la capacidad del sistema para reaccionar ante acometimientos externos restituyendo su equilibrio estructural.

Desde una perspectiva holística, la cobertura geográfica o un espacio determinado del territorio no sólo se caracteriza por su uniformidad, también se encuentra organizada por una infinidad de sistemas naturales de muy distintas magnitudes, desarrollados ininterrumpidamente para presentarse bajo la forma de arreglos complejos, compuestos por unidades dispuestas por una estructura jerárquica, donde se articulan funcionalmente unas con otras en una arquitectura ecológica que conforman a un ecosistema.

La conceptualización geográfica del término puede homologarse como una “unidad natural” traduciéndola bajo una visión tradicional, donde se concentra la estructura del espacio en la organización de patrones, así como en los arreglos de la distribución de sus principales componentes, en su localización y extensión, los cuales dependen de las relaciones entre los factores bióticos y abióticos de dicho espacio organizado, donde resulta imprescindible conocer sus causas y las leyes que los rigen.

La división secuencial de la observación del territorio en proporciones de menor extensión, pero con un análisis más detallado y subordinadas entre sí, constituye uno de los pasos importantes en el desarrollo de una línea base para alcanzar el diagnóstico que describa sus atributos, sus propiedades y los procesos que se presentan. En este sentido, desde el objetivo y alcance de esta MIA-R, esa porción relativamente pequeña del territorio conforma lo que el marco jurídico denomina: “sistema ambiental regional”.

Los diversos espacios considerados durante su desarrollo son:

- **Región:** área geográfica ambientalmente homogénea, determinada por los factores y elementos como el clima, la orografía, hidrología y por la misma situación geográfica, definidas por áreas con características similares en su medio biótico.
- **Sistema ambiental regional (SAR):** es un espacio geográfico objetivo, inventariable y cartografiable, donde interactúan de manera dinámica y continúa sus componentes (bióticos y abióticos), así como los procesos ambientales significativos.
- **Área de influencia del proyecto (AiP):** el concepto de este espacio geográfico que se asume en este documento corresponde a la proporcionada en la guía para elaborar la MIA-R, que lo define como: “El espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento natural”.
- **Área de establecimiento del proyecto (AeP):** es el espacio físico que se ocupa para desarrollar el proyecto. Sus límites corresponden a las demarcaciones físicas del mismo.

Se reconoce la existencia de designaciones en las que se establecen la presencia de ecosistemas que carecen de límites definidos y, por lo tanto, que conforman sistemas continuos sin fronteras, en donde los ecosistemas no tienen escala ni soporte espacial definido, así como tampoco disponen de una especificidad en y con el tiempo, al referirse a la escala de actividades y transformaciones humanas del medio natural. Para el caso de la evaluación de impacto ambiental es necesario contar con un sistema de referencia, el cual permite un análisis de la estructura y funcionamiento del ecosistema al contar, precisamente, con límites territoriales.

Lo anterior involucra el uso de un enfoque sistémico, geográfico y administrativo orientado a la necesidad de concretar la delimitación del sistema ambiental regional, que se puede alcanzar con la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales de homogeneidad relativa, como herramienta inicial para lograr un diagnóstico ambiental de una porción del territorio, con la validez del proyecto para evaluar el impacto ambiental. Por lo tanto, mediante esta noción de sistema ambiental regional es factible identificar y evaluar las interrelaciones e interdependencia que caracterizan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, así como efectuar previsiones respecto a los efectos de las interrelaciones entre el ambiente y el proyecto.

La conceptualización del SAR se asume en esta MIA-R para disponer de una herramienta operativa, debido a la imposibilidad de establecer límites artificiales en los procesos ecológicos que definen un ecosistema. Por ello, se busca alcanzar una expresión territorial objetiva, inventariable y cartografiable, la cual pueda ajustarse al concepto de sistema ambiental regional

donde se desarrollará el proyecto, incorporando los atributos (sinergia, biostasia^{II} y resiliencia^{III}) que le caracterizan desde la óptica ecológica.

Para justificar la aplicación del concepto de sistema ambiental regional, como se señala en párrafos anteriores, se escriben los elementos por los cuales se puede delimitar, describir y comprender la estructura y la función del SAR, para ello se asume el modelo de caracterización regional de las zonas hidrológicas prioritarias y de los programas de ordenamiento ecológico general del territorio (POETG), que presentan una regionalización con justificación legal.

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

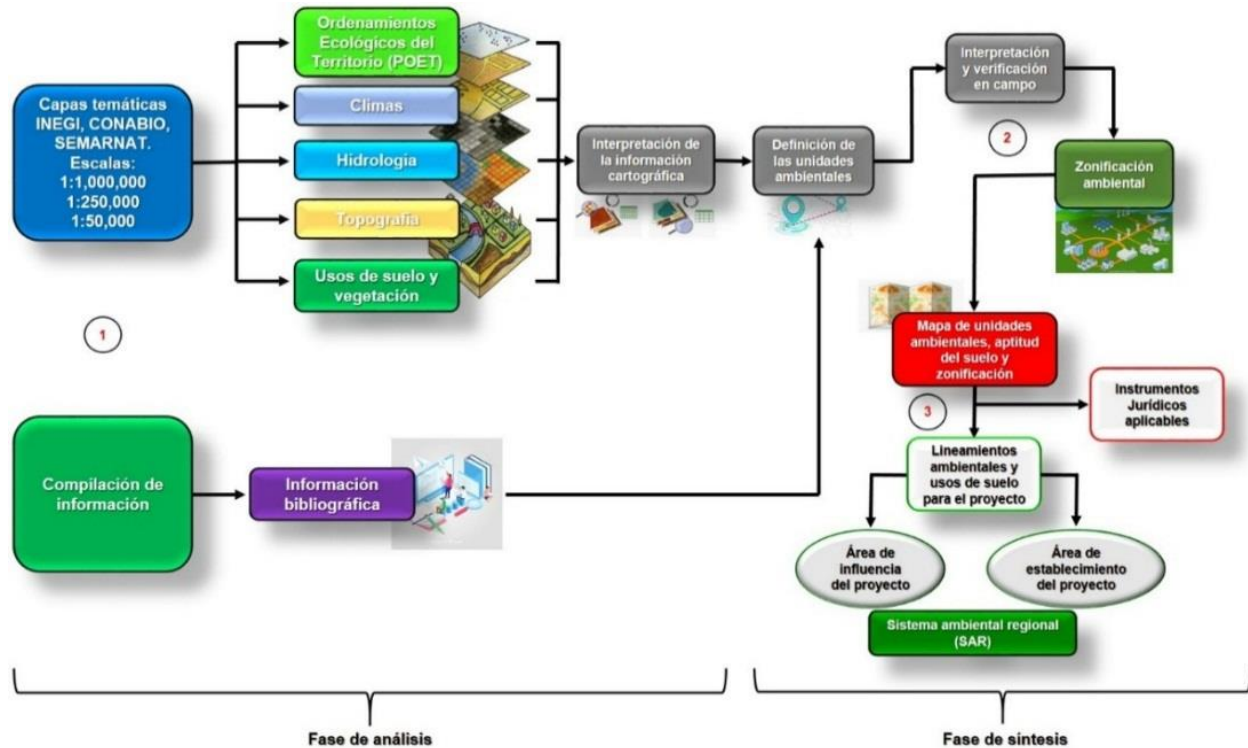
Para aplicar los modelos referidos en el apartado anterior, fue preciso ahondar en el estudio de la estructura y funcionalidad del medio a través del análisis de parámetros físicos como lo son: el clima (humedad, temperatura y precipitación), edafología, geología, hidrología y fisiografía. Así como la composición biótica del espacio geográfico, como lo son el tipo de vegetación y la fauna asociada a los mismos (Gómez Orea, 1999)², todo esto fue creando un mosaico de unidades homogéneas, con ayuda de un sistema de información geográfica, cuyos principales elementos constitutivos integran la cartografía disponible y los reportes de los trabajos en campo, donde se tiene como resultado un área uniforme basada en parámetros específicos (topografía, clima, edafología, geología, hidrología, vegetación, etcétera).

El procedimiento se desarrolla en dos fases: el análisis y la síntesis. Durante la primera, se recopila información cartográfica del espacio geográfico donde se ubica el proyecto (información vectorial y ráster), de los factores bióticos y abióticos más relevantes para el estudio ambiental, definiendo las unidades ambientales para obtener una zonificación de unidades naturales significativas que nos permitan englobar sus características bióticas y abióticas, para crear un espacio en donde estos dos medios interactúen uniforme y continuamente (Figura IV.1).

^{II} **Biostasia:** es una situación de equilibrio entre el suelo, el clima y la vegetación, que dificulta los procesos de transporte de material edafológico. Asociación Francesa para Estudios del Sol (AFES).

^{III} **Resiliencia:** es la capacidad de resistencia o elasticidad del ecosistema ante influencia externa.

Figura IV.1 Proceso seguido para la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR)



Las fuentes principales para el acopio de información fueron: CONABIO³, INEGI⁴, SEMARNAT y el programa temático Google Earth, además de los datos recabados en los recorridos realizados durante los trabajos de campo, efectuados en el área geográfica del proyecto; todo lo anterior permitió identificar y seleccionar los principales factores ambientales de utilidad para determinar el espacio del sistema ambiental regional.

El análisis de la información inició con la organización e integración de los datos cartográficos con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo cual permitió interpolar las distintas capas temáticas de los aspectos ambientales, tales como la topografía, edafología, geología, hidrología (cuenca, subcuenca y microcuencas) y regiones de importancia ambiental (POET's, ANP's, RTP's y RHP's).

De esta manera se lograron establecer las interrelaciones entre dichos factores de manera horizontal y vertical, para poder definir las unidades ambientales, así como también definir y establecer los elementos naturales presentes en el espacio geográfico del SAR y en el área de influencia del proyecto. Para complementar el análisis cartográfico, se realizaron trabajos de gabinete, los cuales consistieron en la revisión y análisis bibliográfico de trabajos referentes a los factores abióticos y bióticos (vegetación y fauna), ejecutado de manera regional, estatal y local.

Bajo las condiciones referidas en el párrafo anterior, se pudieron establecer las bases para delimitar el sistema ambiental regional, que se caracteriza por tener uniformidad y continuidad

en los componentes bióticos y abióticos más destacables, esto de acuerdo con la naturaleza del proyecto y a las características del territorio.

La interpretación y delimitación del SAR se inició con el análisis e interpretación de las particularidades de aquellas áreas de importancia ambiental del área geográfica (POET, ANP's, RTP's, AICA's y RHP's), con la cual se evaluaron las condiciones naturales referentes a la disponibilidad del recurso del agua, que da una idea aproximada de la repartición del agua de lluvia y su efectividad para cubrir la demanda durante un periodo anual.

Con esto podemos definir que la delimitación del SAR consistió en un análisis cartográfico del área de establecimiento del proyecto, por lo que además de las áreas mencionadas en el párrafo anterior, se requirió el uso de otras cartas temáticas disponibles en los sistemas de información de CONABIO e INEGI:

- a) Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) del Estado de Hidalgo y el Regional de la cuenca del Río San Juan; se consideraron las características y límites de las UGA's (SEMARNAT, 2019)⁵.
- b) Fisiografía: se consideraron las características y límites de las topofomas (INEGI, 2015).
- c) Hidrología: se consideraron los límites de las cuencas y subcuencas que pertenecen a la región hidrológica RH-26 Río Pánuco (SIATL, INEGI, 2010)⁶.
- d) Carta de uso de suelo y vegetación: se consideraron los límites de cada uno de los límites de los usos de suelo que caracterizan el espacio geográfico del proyecto (INEGI, 2010-Serie VI).

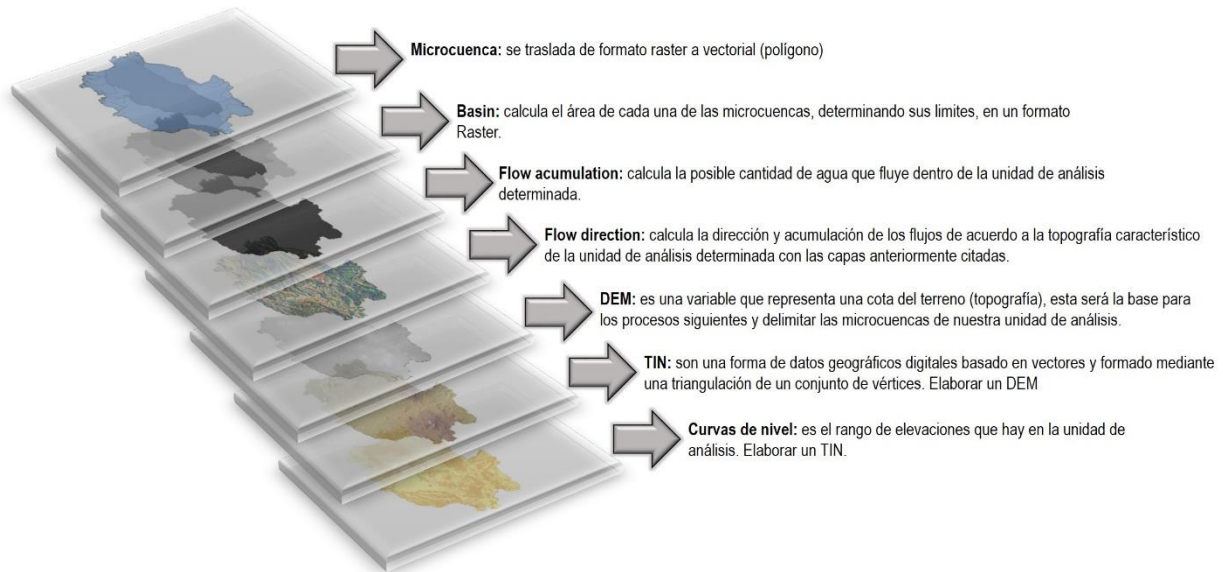
Derivado del análisis y la sobreposición de cada una de estas capas cartográficas, se consiguió delimitar una unidad ambiental, la cual abarca un extenso territorio. Procedente a esto se analizaron otras capas cartográficas con la intención de sintetizar más el área de la unidad delimitada, para tener una mejor síntesis de los impactos generados por el proyecto en el espacio geográfico. Se llegó a la resolución que de la misma unidad delimitada se definieran sus microcuencas.

Se debe tener en cuenta que la definición de las microcuencas es resultado de las características hidrográficas de las cuencas y subcuencas (cuerpos de agua y escurrimientos), con la finalidad de crear un espacio para la planificación del mejor uso y manejo de los recursos naturales. Por tal motivo, para definir un área con mayor homogeneidad y que nos permita conocer de manera óptima las características del espacio geográfico en donde el proyecto se pretende establecer, se delimitaron las microcuencas de la unidad que se determinó, mediante las capas temáticas antes ya citadas.

Para determinar el área de las microcuencas, se utilizó un modelo digital de elevación (MDE) con ayuda de las curvas de nivel de las cartas topográficas escala 1:50,000 del INEGI (2015). Con el MDE se realizó un procedimiento con el software ArcGIS, el cual consiste en ejecutar distintos

procesos y, con ayuda de las herramientas de dicho programa, que por medio del relieve va determinando el flujo de las escorrentías y los parteaguas de cada uno de estos escurrimientos, lo que establece límites naturales para los flujos de agua; de acuerdo a esto, se calcula el área de cada una de las microcuencas que hay dentro de la unidad de análisis (Figura IV.2).

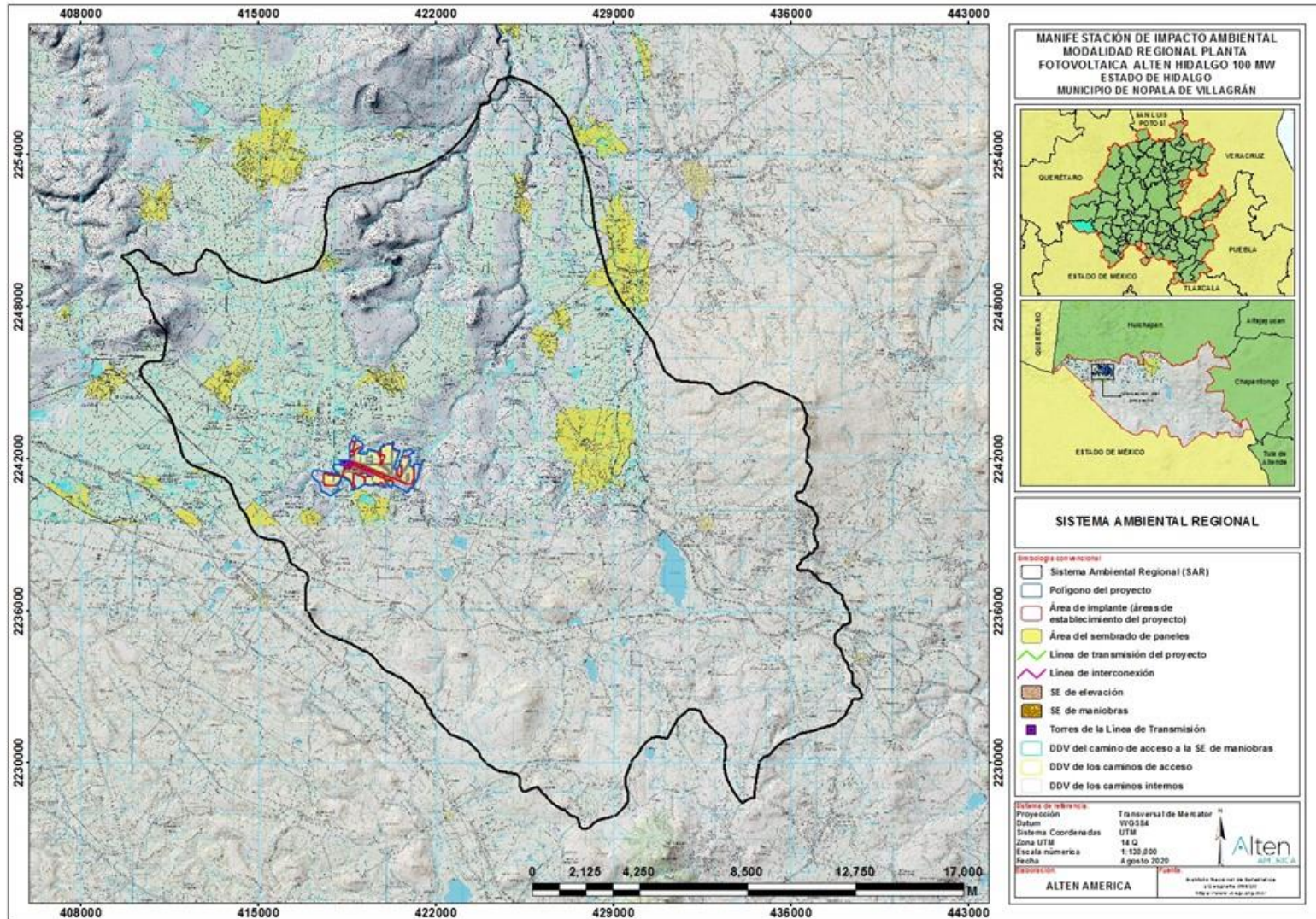
Figura IV.2 Procesos para determinar las microcuencas de la unidad de análisis.



Posterior a esta delimitación, se procede de manera manual a detallar el área de la microcuenca con ayuda de los órdenes de drenaje, definiendo el área en una superficie de 45,210.6615 ha (Figura IV.3 y ANX.VIII.IV.1.a). Se anticipa que todos los mapas temáticos se incorporan al presente en el ANX.VIII.IV.1., independientemente de que algunos también sean presentados dentro del cuerpo de este documento.

En la cobertura geográfica del SAR, además de las características ambientales distintivas del espacio geográfico, se incluyen como obras y actividades que han generado un impacto, de acuerdo con el reglamento de la LGEEPA⁷ en materia de evaluación de impacto ambiental. Es por esto que en el proceso de la delimitación del SAR se tomó en cuenta, además de las características ambientales, los proyectos equiparables a los que componen el proyecto, para acumular los posibles impactos generados por ellos que hayan afectado al espacio del SAR y cuyos impactos se evaluarán en esta MIA-R.

Figura IV.3 Sistema Ambiental Regional



IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

La caracterización del espacio geográfico del sistema ambiental nos permite realizar una descripción general de las condiciones ambientales de la región, así como la identificación de las características abióticas, bióticas y sociales del área geográfica en donde influirá y se pretende establecer el proyecto.

El proyecto se ubica en el municipio de Nopala de Villagrán, en el Estado de Hidalgo, sin embargo, el sistema ambiental regional se localiza en tres estados: Estado de México, Querétaro e Hidalgo, con una superficie de 45,210.6615 ha y se sitúa en un área geográfica con rangos altitudinales que van de los 1,700 a los 3,100 msnm. Como resultado de estas características topográficas en el SAR, se pueden determinar dos tipos de climas: semiseco y templado, lo que nos permite prescribir que la vegetación potencial en el espacio del SAR es bosque de pino y matorral crasicaule, de acuerdo con la clasificación de “La carta de uso de suelo y vegetación” del INEGI. Cabe señalar que el SAR se ubica en la región hidrológica de Pánuco (RH-26 Pánuco).

La orientación con la que se aborda este apartado se caracteriza por la incidencia dinámica en los factores ambientales, que pueden ser afectados por el proyecto y, en menor medida, aquellos que puedan incidir en éste, propiciando consecuentemente efectos que se evidencien en factores ambientales distintos a los que los originaron.

Conceptualmente y para efectos de la EIA, se entiende que el ambiente es la parte del entorno que interactúa con el proyecto al ser fuente de recursos (naturales, energéticos, de mano de obra, etc.), de tal manera que el ambiente es un sistema formado por elementos y procesos cuyos estudios se simplifican, si se agrupan en paquetes que, a su vez, correspondan a subsistemas, como lo son:

- i. **Medio físico o subsistemas físicos:** constituido por las transformaciones del ambiente natural, tal y como se encuentra en la actualidad (esto es en el “tiempo cero” T_0 o línea base).
- ii. **Factores bióticos y abióticos:** la funcionalidad de los ecosistemas derivado de la interacción de la topografía, climas, geología, suelo, hidrología, vegetación y fauna en relación con la estructura del ambiente.
- iii. **Paisaje:** las interacciones que se producen con el resto de los factores ambientales.

Derivado del análisis de la información de “La carta de uso de suelo y vegetación” del INEGI, serie VI (2014), el espacio del sistema ambiental regional tiene un importante deterioro en sus características ambientales, ya que, del total de la superficie, sólo el 20.28% tiene características forestales, en tanto el 59.68% han sufrido una modificación, sobre todo para uso agrícola y urbano. El 20.04% corresponde a cuerpos de agua, pastizal inducido y áreas sin vegetación.

De acuerdo a los datos anteriores, y para determinar el estado del espacio geográfico del sistema ambiental regional, se realizó el índice de vegetación mediante una imagen LANDSAT 8

con fecha del 27 de mayo del 2020; este proceso se estimó la calidad y desarrollo de la vegetación en el área del SAR. (ANX.VIII.IV.1.b. Resultado del índice de vegetación en el SAR).

Como resultado de este procedimiento cartográfico, se muestra que el área del SAR tiene un deterioro, debido a las actividades antropogénicas, resultado del desarrollo de infraestructura y de actividades agrícolas.

IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad del ambiente en el SAR.

De acuerdo con un estudio realizado por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), el cual monitoreó los cambios de cobertura del suelo en América del Norte en un periodo del 2010 al 2015, demuestra que en el área del sistema ambiental regional y el área de influencia del proyecto se tiene un déficit en la calidad ambiental, específicamente en el SAR delimitado, un 59.7% de su cobertura tiene un uso de suelo que no es forestal (ocupado por agricultura y asentamientos urbanos principalmente), lo cual funge como un indicador del impacto y el deterioro de los ecosistemas presentes en el SAR y el área del proyecto.

Para poder determinar la degradación que hay en el SAR, se realizó una comparación de imágenes satelitales (del 2013 al 2020), en donde el índice de vegetación de nuestra unidad de análisis ha presentado un deterioro en la calidad ambiental (ANX.VIII.IV.1.c. Comparación del 2013 al 2020 de los procesos de degradación en el área del SAR y AiP).

Derivado de estos procesos cartográficos con las imágenes de satélite y de acuerdo a fuentes de información como el INEGI y CONABIO, se muestra que el funcionamiento del espacio geográfico del SAR y del AiP han sufrido modificación, debido a las actividades antropogénicas que en ella se han desarrollado, ocasionando un deterioro en la calidad ambiental de estas áreas, es por ello que el proyecto no tendrá incidencias en impactos que ya están generados dentro del SAR por otros proyectos (actividades agrícolas, vías de comunicación, gasoductos, líneas de transmisión, parques solares, urbanización, etc.), pero sí contribuirá a la acumulación de dichas incidencias dentro del espacio geográfico en que se desarrolla.

IV.3 Elementos del ambiente

IV.3.1 Medio abiótico

IV.3.1.1 Climas

Los climas son el resultado de las características y fenómenos meteorológicos como lo es la temperatura, precipitaciones, viento, temperaturas del aire y la humedad, que diferencian el estado del medio atmosférico en un área geográfica determinada. Estos elementos atmosféricos se ven influenciados por condiciones astronómicas y geográficas que modifican el clima; estas condiciones se denominan factores climáticos como son la latitud, las distancias al mar y los vientos regidos por perturbaciones atmosféricas.

Procedente de lo anterior el clima, es el estado más frecuente de la atmosfera en un territorio determinado que tiene relación con la estructura, el funcionamiento, la dinámica y evolución del ambiente. Por esto es considerado como un componente diferenciador para la configuración del territorio, asociada a la formación de suelos, distribución y disponibilidad de agua, estos elementos condicionan y suelen modificar el comportamiento de las condiciones bióticas e incluso antropogénicas de una región.

Dentro del territorio nacional los climas están determinados por diversos factores como son: las latitudes geográficas, las altitudes sobre el nivel del mar, la distribución entre la superficie terrestre y el mar, y las distintas condiciones atmosféricas. Como resultado de esto nuestra nación cuenta con una gama extensa de climas, de las cuales se clasifican de acuerdo a los datos de temperatura y precipitación total mensual y anual.

De acuerdo a esta clasificación de Köppen modificada por E. García (1981)⁸, en el área del sistema ambiental regional se ubican dos tipos de unidades climáticas; secos y templados húmedos, estos se representan en la carta de climas del INEGI, con dos subtipos clima semiseco templado-BS₁Kw(w) y templado subhúmedo-C(w₁)(w) y C(w₀)(w) (Tabla IV.1 y ANX.VIII.IV.1.d Mapa de las unidades climáticas en el SAR).

Tabla IV.1 Tipos de climas y sus subtipos en el Sistema Ambiental Regional

Clave	Tipo de clima	Temperaturas	Lluvias	Rango de Humedad	Tipo de cubierta vegetal
C(w₀)(w)	Templado subhúmedo	Media anual entre los 12°C y 18°C	Lluvias en verano, precipitación anual de 200 a 1,800 mm	Media	Chaparral
C(w₁)(w)	Templado subhúmedo	Media anual entre los 12°C y 18°C	Lluvias en verano, precipitación anual de 200 a 1,800 mm	Baja	Chaparral
BS1kw(w)	Semiseco templado	Media anual entre los 12°C y 18°C	Lluvias en verano del 5% al 10.2 % anual		Matorral submontano y chaparral

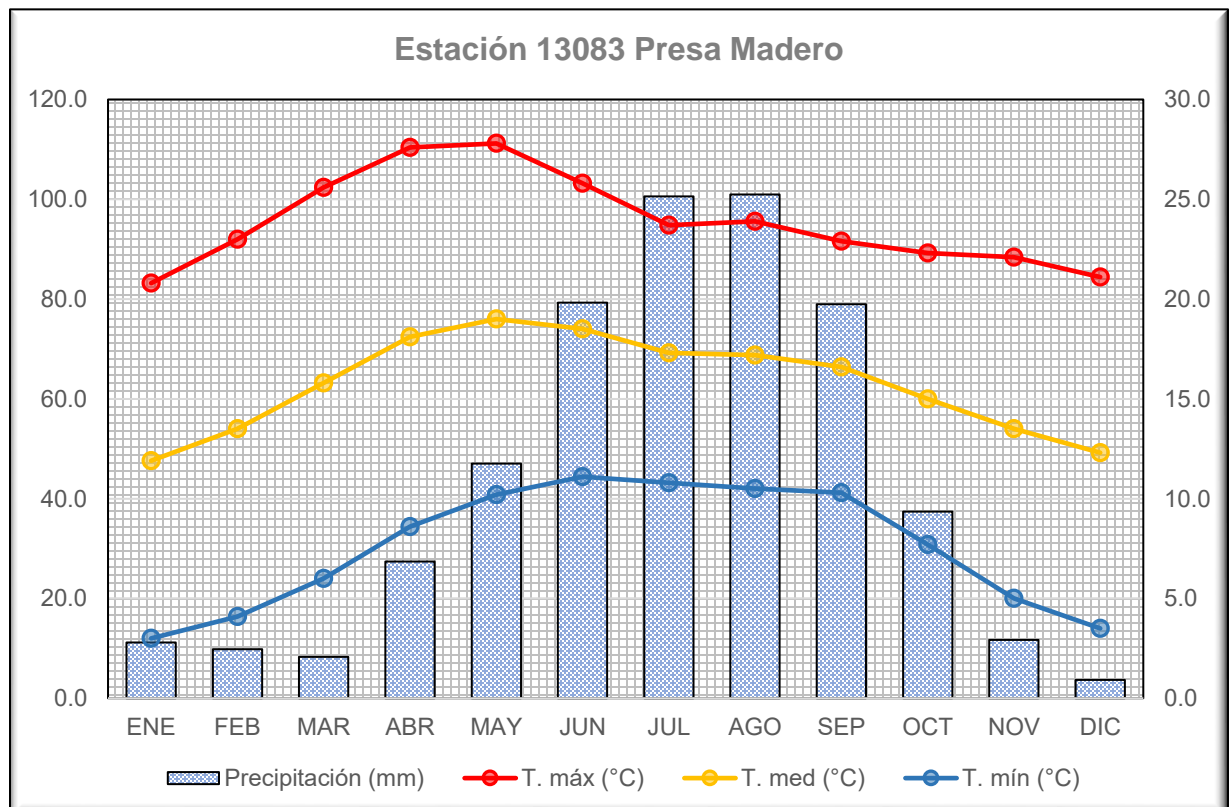
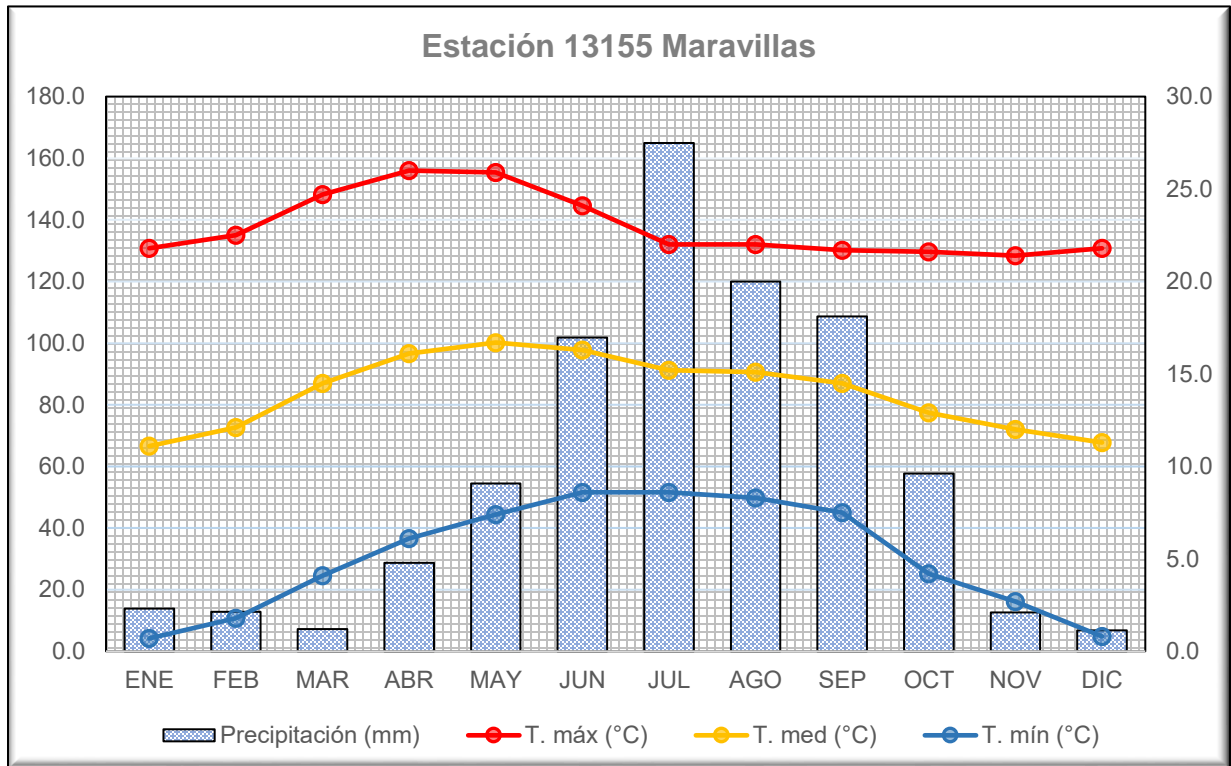
Se consideró 2 estaciones meteorológicas, una se ubica dentro del SAR y la otra se localiza a 570 m del límite de nuestra unidad de análisis. Esto con la finalidad de representar el comportamiento de la temperatura y precipitación de los climas antes mencionados. De acuerdo con la reseña de las normas meteorológicas del periodo de 1981 al 2010 de la estación Presa Madero y Maravillas, la temperatura media anual es de 14 a 15.7°C, las temperaturas máximas se define del mes de abril a julio y las más bajas a partir de noviembre a febrero. La precipitación anual es de 516.4 a 689.6 mm, los meses con mayor precipitación son julio y agosto (Tabla IV.2).

Tabla IV.2 Normales climatológicas de las estaciones Presa Madero y Maravillas del periodo 1981 a 2010

Estación 13083 Presa Madero													
Latitud: 20°18'34''N Longitud: 99°43'21''W													
Altura 2,206 msnm													
Período: 1951-2010													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T. máx (°C)	20.8	23.0	25.6	27.6	27.8	25.8	23.7	23.9	22.9	22.3	22.1	21.1	23.9
T. med (°C)	11.9	13.5	15.8	18.1	19.0	18.5	17.3	17.2	16.6	15.0	13.5	12.3	15.7
T. mín (°C)	3.0	4.1	6.0	8.6	10.2	11.1	10.8	10.5	10.3	7.7	5.0	3.5	7.6
Precipitación (mm)	11.2	9.8	8.3	27.4	47.0	79.3	100.6	101.0	79.0	37.4	11.7	3.7	516.4
Estación 13155 Maravillas													
Latitud: 20°12'21''N Longitud: 99°35'16''W													
Altura 2,399 msnm													
Período: 1981-2010													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T. máx (°C)	21.8	22.5	24.7	26.0	25.9	24.1	22.0	22.0	21.7	21.6	21.4	21.8	23.0
T. med (°C)	11.1	12.1	14.5	16.1	16.7	16.3	15.2	15.1	14.5	12.9	12.0	11.3	14.0
T. mín (°C)	0.7	1.8	4.1	6.1	7.4	8.6	8.6	8.3	7.5	4.2	2.7	0.8	5.1
Precipitación (mm)	13.9	12.8	7.2	28.7	54.5	101.8	164.9	120.0	108.7	57.7	12.6	6.8	689.6

El mes más caluroso es mayo y el más frío es enero, con una oscilación térmica en las partes con menor altitud de 7.1 y con mayor elevación de 5.6, lo que nos indica que la oscilación es baja, esto se debe a los efectos moderados de las masas hídricas que hay en el espacio geográfico, lo que ocasiona que estemos en un clima oceánico con zonas templadas. Las mayores precipitaciones se tienen en el mes de junio a septiembre, lo que muestra que el periodo de las lluvias en el área de SAR es en verano. En el periodo en que la temperatura anual es mayor a la precipitación es de aridez, esto es en los meses de octubre a mayo, por lo que estos meses son secos, ya que la precipitación media anual no rebasa los 800 mm de lluvia, lo que permite deducir que los paisajes serán bosques, prados y vegetación característicos a matorrales y submontanos (Figura IV.4).

Figura IV.4 Climogramas de las estaciones meteorológicas Presa Madero y Maravillas



Respecto a la evapotranspiración, los rangos dentro del SAR son de 400 a 600 mm/año, estos valores son relevantes, ya que, si consideramos los datos de precipitación media anual que en promedio es de 603 mm, gran parte del agua de lluvia se evapora, por lo que en el SAR hay pocos cuerpos de agua perennes.

IV.3.1.2 Fenómenos meteorológicos

Los fenómenos meteorológicos son anomalías naturales que se dan en la atmosfera, y que según el grado de intensidad puede tener efectos positivos o negativos en los ecosistemas, y por ello, en la sociedad.

❖ Sequía

Estas anomalías climáticas afectan múltiples actividades económicas y repercuten en la salud de la sociedad.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015)⁹ en el área del SAR se tiene un riesgo de muy bajo a medio

❖ Heladas

Son manifestaciones de temperaturas extremas bajas. Lo que ocasiona que el agua presente en el aire se deposite en forma de hielo, pero debido a la falta de humedad, no se desarrolla precipitaciones de cristal de hielo, conocidas comúnmente como nevadas.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo de la CENAPRED en la mayor parte del SAR los días con nevadas varían de 0 a 120 días, este último en las partes con mayor rango altitudinal, y el riesgo que se presenten estas anomalías climáticas son de baja a media.

❖ Tormentas eléctricas

Son tormentas severas con lluvias intensas, acompañados de vientos fuertes, con descargas eléctricas atmosféricas, que se manifiestan con rayos o chispas, emiten un resplandor breve de luz y un trueno (sonido).

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo de la CENAPRED el riesgo por estas anomalías climáticas es de muy bajo a bajo.

❖ Ciclones tropicales

Estos fenómenos son una masa de aire y humedad con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. Se forman en el mar cuando la temperatura es mayor a los 26°C. Estos ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con sus vientos máximos (Tabla IV.3)

Tabla IV.3 Clasificación de los ciclones tropicales

Ciclones tropicales	Velocidad del viento (km/h)
Depresión tropical	63
Tormenta tropical	63 a 118
Huracán	> a 118

Derivado de la información del Atlas Nacional de Riesgo de la CENAPRED en el área del sistema ambiental regional el riesgo por estas anomalías climáticas de muy baja a baja. De acuerdo con los datos históricos periodo de 1851 a 2017 cerca y dentro del espacio geográfico del SAR se tiene registrado dos ciclones (Janet – 1955 y Debby - 1988), estos fenómenos provienen del Golfo de México.

IV.3.1.3 Geomorfología

Tradicionalmente, la geomorfología se ha ocupado de los estudios a escala media en los que se analizan los distintos eventos geomórficos que han configurado a través del tiempo, el relieve en la actualidad. Este relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. La primera actúa como creadores de las grandes elevaciones y depresiones, originadas fundamentalmente por movimientos de mecanismos verticales, y el segundo, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos procesos dinámicos externos se agrupan en la cadena de meteorización-erosión, transporte y sedimentación.

El territorio mexicano se caracteriza por una gran variedad de formas de relieve, esta diversidad topográfica desempeña un papel esencial en las actividades económicas y sociales del país, puesto que influye en las características climáticas, en las rasgos geológicos y edafológicos; y en el desarrollo de la vida silvestre, que a su vez repercute en los dinamismos agrícolas, ganaderos, forestales, industriales y en los asentamientos humanos.

Para el desarrollo social y económico de una nación, es necesario la clasificación de su topografía (relieve), es uno de los pasos de inicio para definir y delimitar sus unidades sintéticas naturales o de gestión ambiental indispensables para el establecimiento de modelos de ordenamientos ecológicos. En México las unidades de mayor relieve definidas por distintos autores llevan el nombre de provincias fisiográficas. De acuerdo con la clasificación fisiográfica del INEGI, 2001, en el territorio nacional tiene 15 provincias fisiográficas.

El SAR se ubica dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico. Esta región fisiográfica se localiza en la porción central de la nación, se extiende de oeste a este, desde el océano Pacífico al Golfo de México y se caracteriza por una enorme masa de roca volcánica, derrame de lava y otras manifestaciones de roca ígnea de la era del cenozoico. En esta provincia se localizan los grandes volcanes de México. La provincia se encuentra fraccionada en 17 subprovincias fisiográficas, y el sistema ambiental regional se ubica dentro de la subprovincia

Llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo; se caracteriza por terrenos accidentados donde dominan los sistemas de topoformas pequeñas, sierras complejas y lomeríos de colinas redondas, constituido principalmente por rocas basálticas (ANX.VIII.IV.1.e Provincia y subprovincias fisiográfica del Eje Neovolcánico).

En el área del sistema ambiente regional se caracterizan tres unidades geomorfológicas, la porción noroeste se ubican las llanuras, de norte a sur se caracteriza por lomeríos y hacia el noroeste, norte, este y sur se localizan las sierras (Tabla IV.4 y ANX.VIII.IV.1.f Unidades geomorfológicas en el SAR).

Tabla IV.4 Características de las unidades geomorfológicas en el SAR

Unidades geomorfológicas	Características
Llanuras	<p>Se trata de una gran extensión de tierra plana, con ligeras ondulaciones, lo que origina un drenaje dendrítico de muy baja densidad. Esta planicie acumulativa es joven derivada de los procesos de acumulación de los depósitos de los fragmentos transportados por las escorrentías que varían de angulares a subredondeados, producto de los depósitos a pie de las porciones más elevadas.</p> <p>Esta planicie se caracteriza por pendientes muy bajas (0 a 12°), es por eso que gran parte de esta geoforma es aprovechado por actividad agrícola y de pastoreo, y una porción más pequeña se caracteriza por matorrales. El origen de esta planicie es la acumulación de los materiales transportados por las escorrentías en eventos de fuertes lluvias. Derivado de estos eventos en el área se presentan dos tipos de valles por erosión y estructurales.</p> <p>Los valles como los arroyos que se ubican en el SAR han sido modificados para la construcción de presas locales o jagüeyes de poca profundidad.</p>
Lomeríos	<p>Se caracterizan en los bordes de las elevaciones mayores, conformado principalmente por flujos de lava y material probablemente provenientes de la caldera de Huichapan. Estas topoformas también conforman pequeños aparatos volcánicos de composición basáltica-andesítica que se definen por elevaciones de hasta los 2,750 msnm. La densidad de drenaje es baja debido a que los patrones llegan ser ligeramente dendríticos a paralelos, además de radial con una dirección de flujo hacia el NE.</p>
Sierra	<p>Estas elevaciones están determinadas por rocas volcanoclásticas, producto de los flujos piroclásticos, formando porciones elevadas con perfiles y pendientes abruptas. El C. de Nopala y Las Cruces son las elevaciones que más se distinguen en el SAR, es representativo en la delimitación del parteaguas de nuestra unidad de análisis.</p> <p>En estas geoformas que están dentro del SAR, presentan un drenaje radial, y tres tipos de vegetación esto según la carta de uso de suelo Serie VI del INEGI (Bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino), sin embargo, y debido a las actividades antropogénicas que hay en el área del SAR, estas áreas han sido fragmentadas por el avance de las actividades agrícolas, lo que está ocasionando los procesos de intemperismo en las rocas y acelera el proceso de escurrimiento ocasionando en las partes bajas la aceleración de los procesos erosivos y la capacidad de recarga del acuífero.</p>

❖ **Geología**

Derivado de las características geomorfológicas de la nación se determinan múltiples procesos tectónicos, provocando un complejo y abrupto estrato que conforma las diferentes estructuras fisiográficas, por consecuencia la interacción de bloque continental con las provincias oceanográficas que lo rodean, así como la actividad de las placas tectónicas (placa de cocos y norteamericana) y la actividad volcánica que hay en el territorio mexicano.

El marco geológico dentro del SAR se debe al desarrollo de varios procesos geológicos, que, como resultado se representa principalmente en dos dominios de rocas: una asociada a los procesos sedimentarios y otras generadas por procesos volcánicos, extrusivos y piroclásticos. Dentro del sistema ambiental regional se caracterizan 5 unidades litológicas (Tabla IV.5 y ANX.VIII.IV.1.g Unidades litológicas, Geología).

Tabla IV.5 Características de las unidades litológicas del SAR

Unidad litológica	Tipo de roca	Características
Aluvial	Sedimentaria	Esta unidad litológica se localiza al suroeste del SAR, en el cual se agrupan los depósitos de pie de monte, suelos residuales y abanicos aluviales, constituidos por fragmentos del tamaño de cantos rodados a gravas, que varían de angulares a subredondeados y que han sido depositados en las faldas de las provincias elevadas, en los cauces y en las partes bajas y planas de los valles.
Andesita-Basalto	Extrusiva	Se localizan al noroeste del SAR, estas dos rocas son las más comunes en la superficie terrestre, estas intercalaciones de aglomerados y brechas volcánicas se deben a una secuencia volcánica debido al fracturamiento de las rocas, lo cual le confiere una excelente permeabilidad. Por un parte el magma de la andesita es rico en agua, aunque al erupcionar esta agua se pierde como vapor, son ricos en feldespatos, con una textura porfídica, presenta cristales gruesos incrustados en una masa o matriz vítrea, el color varía de blanco sucio a gris intermedio oscuro. Los basaltos son ricos en plagioclasas, y a diferencia de la andesita, este contiene el mineral olivino, y no tiene la textura porfídica, tiene una textura micro-criptocristalina, generalmente sin fenocristales, el color de esta unidad litológica mayormente es negra.
Basalto	Extrusiva	Se ubica al noreste, norte, sureste y sur, del SAR, se presenta en una serie de derrames lávicos, sobre todo en la parte del C. de Nopala. Esta serie de derrames presentan, desde un punto de vista hidrogeológico, un excelente receptáculo de agua, ya que entre los derrames de lava se observan intercalaciones de brechas escoriáceas, tezontle, lapilli, asociada a brechas y aglomerados volcánicos que le confiere una buena porosidad y permeabilidad.

Unidad litológica	Tipo de roca	Características
Conglomerado poligénico – Arenisca	Sedimentaria	Se ubica al oeste, norte, este, sur y en la parte central del SAR. Esta unidad litológica son rocas sedimentarias detríticas, compuestas por cantos redondeados de tamaño superior a los 2mm, pero si los cantos son angulosos se le denominan brechas. Derivado de las características dentro del SAR, su formación se deriva del transporte y erosión hidrológica, que rodea los fragmentos de las rocas y su posterior acumulación. Los fragmentos que componen esta roca provienen de la erosión de la roca volcánica característico de las elevaciones más altas, lo cual son depositados en las zonas bajas y en los lechos de los escurrimientos.
Riolita – Toba riolítica	Extrusiva	Se ubica al sur del SAR. Son rocas ígneas, las riolitas se caracterizan por tener una textura de granos finos o en ocasiones vidriosa, mientras que las tobas tienen una consistencia más porosa, debido a su formación por la acumulación de cenizas u otros elementos volcánicos.
Toba riolítica – Toba dacita.	Extrusiva	Se ubica al noreste, noroeste, sureste y suroeste del SAR. Son rocas ígneas, de origen volcánico. La toba dacita es una roca con un alto contenido de hierro, su composición es similar al de la andesita o riolita, como la andesita, se compone principalmente de feldspatos plagioclasa con biotita, hornblenda y piroxeno.

Fuente: Servicio Geológico Mexicano (SGM)¹⁰

❖ Fallas

La geología estructural de este espacio geográfico se caracteriza por fallas y fracturas; una con dirección ENE-WSW y otra NNW-SSW, la primera está asociada a la actividad tectónica del eje neovolcánico, y la otra se da previo a la actividad del eje neovolcánico, esto se debe a que algunas de las estructuras fueron cubiertas por los depósitos volcánicos.

De acuerdo con la información del Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015) y del INEGI, en el área del SAR no se ubica ninguna falla o fractura (ANX.VIII.IV.1.h. Fallas y fracturas en el SAR).

❖ Sismos

Derivado de la ubicación geográfica de nuestra nación, está sujeta a distintos fenómenos naturales, uno de estos son los sismos, este proceso ha sido uno de los más significativos, debido a los daños ocasionados. La dinámica de la naturaleza, la presencia de fallas geológicas y la acción de las placas tectónicas son factores que están presentes dentro del territorio mexicano.

El territorio nacional está clasificado según el peligro sísmico a la que está sujeta; esta clasificación se le conoce como regionalización sísmica, se han delimitado 4 zonas: A, B, C y D, cuyo grado de peligro de menor a mayor (Tabla IV.6).

Tabla IV.6 Regionalización sísmica de México (CFE, 2015)

Zona sísmica	Características
A	Es aquella en donde no se tienen registros históricos, no se han reportados sismos grandes en los último 80 años, y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% del valor de la gravedad.
B	Es una zona intermedia, donde presenta sismicidad con menor frecuencia o bien están sujetas a la aceleración del terreno que no es mayor al 70% del valor de la gravedad.
C	
D	Es la zona donde se han reportado con mayor frecuencia los sismos de mayor magnitud, y en donde la ocurrencia es más frecuente y su aceleración del suelo sobrepasa el 70% del valor de la gravedad.

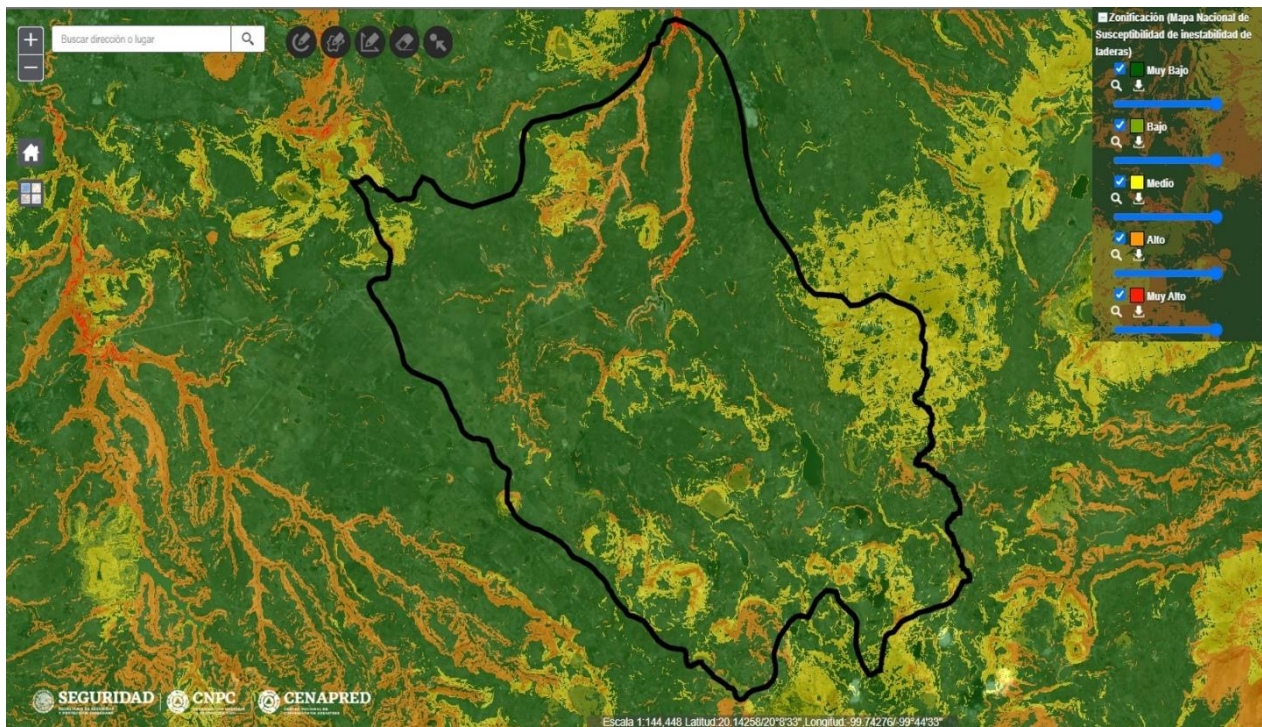
Fuente: CENAPRED, 2014¹¹

El sistema ambiental regional se ubica dentro de la zona B, que es una zona intermedia (ANX.VIII.IV.1.i. Ubicación del SAR en la regionalización sísmica de México)

❖ **Deslizamientos, derrumbes, inundaciones o movimiento de tierra**

Estos procesos geomorfológicos van a depender de las características topográficas y del grado de conservación del área forestal, en el área del proyecto, en el área del SAR y de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015), la susceptibilidad a deslizamientos, derrumbes y movimientos de tierra es de muy bajo a muy alto. Las áreas con muy baja y baja susceptibilidad a estos procesos se dan en las llanuras, debido a la poca pendiente que tienen estas geoformas, las áreas con medio y muy alto riesgo se ubican en los lomeríos y las partes más elevadas, en donde la pendiente es más abrupta y posiblemente la degradación de suelo y vegetación (Figura IV.5).

Figura IV.5 Susceptibilidad a inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes y movimiento de tierra).



El riesgo por inundaciones es de medio a alto, debido a que la acción del hombre ha provocado la degradación del área forestal y con ello la de los suelos induciendo a la aceleración de los procesos de escurrimiento, y con ello a posibles áreas de riesgo por inundación, sobre todo en las planicies que caracterizan el área del SAR.

❖ **Volcanes activos**

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2015), dentro del sistema ambiental regional no existe ningún volcán activo, el más cercano se ubica al sur aproximadamente a 44.94 km, se trata del volcán Jocotitlan.

IV.3.1.4 Edafología (suelos)

Los suelos constituyen el soporte de la vida forestal del planeta e indirectamente influyen en los patrones de distribución de la fauna y en la localización de los asentamientos humanos y de las actividades productivas. Son estructuras naturales de material no consolidado que forma parte de la corteza terrestre y es un recurso esencial para el desarrollo de las acciones económicas básicas o primarias, entre las que se destacan; la agricultura, acuacultura, ganadería y silvicultura. El tipo de suelo se determina por el agrupamiento y la actualización de las unidades taxonómicas del suelo, clasificación del suelo según su tipo, grado de degradación, y clasificación de tierras según la capacidad de uso. La clasificación de suelos se define como la base científica de su estudio.

La formación de los suelos se debe a la acción combinada de distintos factores: clima, material parental (litología), topografía (relieve), organismos y tiempo. La mayoría de estos suelos son propios de zonas áridas y templadas, constituido por diferentes materiales litológicos. En el SAR se caracterizan 5 unidades edafológicas (Tabla IV.7 y ANX.VIII.IV.1.j. Mapa de las unidades edafológicas dentro del SAR).

Tabla IV.7 Características de las unidades edafológicas dentro de sistema ambiental regional (SAR)

Suelo	Clave	Textura	Descripción
Leptosol	LP	Medía	<p>Son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos o pedregosos. Esta unidad edáfica son suelos azonales y particularmente son comunes en regiones montañosas; son recursos potenciales para el pastoreo en estación húmeda y tierras forestales.</p> <p>Se consideran como el primer estado de formación de rocas duras, el bajo desarrollo de estos suelos genera una susceptibilidad alta a los procesos erosivos. Se ubica al suroeste y norte del SAR, en las elevaciones del cerro Ñathu, cerro blancos y cerro las atarjeas, estas dos últimas al suroeste del sistema ambiental regional.</p>

Suelo	Clave	Textura	Descripción
Luvisol	LV	Media	<p>Son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, esto como resultado de los procesos pedogenéticos (especialmente la migración de arcilla) que deriva a un horizonte subsuperficial árgico. Estas arcillas son de alta actividad y una alta saturación con base en alguna profundidad. El material parental de esta unidad edáfica se da por la amplia variedad de materiales no consolidados y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.</p> <p>Se ubican al sur y sureste del sistema ambiental regional en las áreas llanas o con una suave inclinación</p>
Phaeozem	PH	Media	<p>Son suelos oscuros ricos en materia orgánica, con material no consolidado, por depósitos aluviales, y se caracterizan en regiones cálidas y frescas, en tierras llanas y onduladas. Estos suelos son porosos y muy fértiles, excelentes para la actividad agrícola y son muy susceptibles a los procesos erosivos hídricos y eólicos.</p> <p>Se ubican en toda la planicie del SAR, en estas topoformas estos suelos logran alcanzar una mayor profundidad y se usan para la actividad agrícola.</p>
Planosol	PL	Media	<p>Son suelos con horizonte superficial de color claro, lo que es un signo de estancamiento de agua periódicamente, lentamente permeable con significativo incremento de arcilla respecto del horizonte superficial. Son suelos con un horizonte superficial de textura gruesa sobre un subsuelo denso y más fino en tierras planas, principalmente por depósitos aluviales y coluviales arcillosos.</p> <p>Se ubica al noroeste del SAR, son medianamente profundos entre 50 y 100 cm, se caracteriza por presentar debajo de la capa más superficial una capa infértil y delgada, de un material claro y menos arcilloso de las capas que la cubren y la subyacen. Por debajo de estas capas los subsuelos suelen ser arcillosos o se caracterizan por rocas o tepetate. Son suelos susceptibles a la erosión.</p>
Vertisol	VR	Fina	<p>Son suelos muy arcillosos que se mezclan con una alta porción de arcillas expandibles. Estas unidades edáficas forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan. Su material parental son sedimentos que contienen una elevada porción de arcilla expandibles, producto por las deformaciones a partir de la meteorización de la roca. Estos suelos son susceptibles a procesos erosivos.</p> <p>Se caracteriza al norte del SAR, debido a la presencia de arcillas estos suelos tienen una textura fina, asociado a las planicies con colinas bajas. Estos suelos son fértiles sin embargo por su dureza dificulta su labranza, y debido a su dureza es poco susceptibles a los procesos erosivos.</p>

Fuente: Base referencial mundial del Recurso de Suelo de la FAO (2007)¹²

❖ **Degradación de los suelos**

Los efectos de estos procesos pueden adoptarse de distintas maneras; en ocasiones, los efectos pueden ser pequeñas y grandes visualmente. Estas degradaciones son ocasionadas por la interacción de factores ambientales como; el tipo de suelo, la topografía, el clima y usos de suelo, además de las actividades humanas que disminuyen las actividades biológicas y la capacidad actual o futura para el sustento de la vida humana.

El origen de estos procesos nos permite distinguir distintos procesos de la degradación de los suelos (Tabla IV.8).

Tabla IV.8 Características de los agentes erosivos en el territorio nacional

Tipo de degradación	Características
Erosión hídrica	<p>Es la remoción laminar o en masa de los materiales del suelo debido a la acción del agua de lluvia, la cual puede deformar el terreno, originando canalillos y cárcavas. Se presentan de distinta forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erosión por salpicadura. • Erosión laminar • Erosión de surcos o regueros • Erosión en cárcava <p>Derivado de un estudio presentando por la SEMARNAT, 2017, en el territorio nacional el 42% de la superficie podría ser afectada por este agente erosivo.</p>
Erosión eólica	<p>Este elemento erosivo es por el viento. Dependerá de la intensidad del viento, el cual ejerce una fuerza sobre el suelo afectando a las partículas más pequeñas (limo grueso y arenas). Se caracterizan en zonas desérticas, áridas y semiáridas. El 89% del territorio mexicano presenta riesgo por este agente erosivo.</p>
Erosión química	<p>La degradación química involucra procesos que conducen a la disminución o eliminación de la productividad biológica del suelo y el cual está vinculada con las actividades agrícolas.</p>

Fuente: SEMARNAT, (2012)¹³

De acuerdo a la carta de erosión de suelos del INEGI Serie I, en el área del SAR el agente erosivo es el hídrico, de moderado a leve, de manera laminar, cárcava y surco. Estos elementos erosivos se dan en la temporada de lluvias y se han desarrollado debido al cambio de uso de suelo que se ha llevada a cabo en el espacio geográfico del sistema ambiental, debido a la actividad agrícola, lo que disminuye el espesor del suelo superficial (ANX.VIII.IV.1.k. Mapa de degradación de los suelos, INEGI).

Sin embargo, en la carta de degradación de la SEMARNAT, en la mayor parte del SAR, la degradación es química, derivado de la declinación de fertilidad y reducción de materia orgánica, lo que ocasiona la disminución de la productividad por el uso agrícola que hay en la zona (ANX.VIII.IV.1.l. Mapa de degradación de los suelos, SEMARNAT).

IV.3.1.5 Hidrología superficial y subterránea

❖ Hidrología superficial

La región hidrológica en el cual se ubica el SAR es la RH-26 Panuco, la cual está conformada por 4 cuencas y 46 subcuencas (Tabla IV.9).

Tabla IV.9 Cuencas y subcuencas que conforman la Región Hidrológica 26 Panuco

Cuenca	Subcuencas
Río Panuco	<p>Río Panuco Río Chicayan Lago Pueblo Viejo</p>

Cuenca	Subcuencas	
Río Tames	Río Tames Río Guayalejo Río Sabinas Drenaje subterráneo Río Támesis	
Río Tamu	Río Tamu Río Valles Río Puerco Río Mesillas Río de los Naranjos Drenaje subterráneo	Drenaje subterráneo 2 Río Gallinas Río Verde Río Santa María Alto Río Santa María Bajo Drenaje subterráneo 3
Río Moctezuma	Río Moctezuma Río Axtla Río Extoraz Río San Juan Drenaje caracol Río Prieto Río Arroyo Zarco Río Tecozutla Río Alfajayucan Río Tula Río Rosas Río Tlautla Río El Salto	Río Cuautitlán Tepetzotlán L. Texcoco y Zumpango Río Salado Río Actopan Río Amajac Río Tezontepec L. Tochac y Tecocomulco Río Metztitlan Río Calabozo Río Los Hules Río Tempoal Río San Pedro

De acuerdo con la información del SIATL, 2010 el SAR está dentro de la cuenca del Río Moctezuma, esta área hidrológica presenta problemas relacionados con la calidad del agua por el desarrollo de la actividad agrícola, pecuaria, industrial y urbana, lo que genera contaminación en los cuerpos de agua. Esta cuenca está formada por 26 subcuencas, y el sistema ambiental regional está dentro de la subcuenca Río Tecozutla (ANX.VIII.IV.1.m. Ubicación del SAR de la cuenca del Río Moctezuma y subcuenca del Río Tecozutla). En esta área hidrográfica se caracterizan escurrimientos de 1 a 6 órdenes de drenaje y cuerpos de agua intermitentes.

Las características hidrológicas dentro del SAR se distinguen por presentar arroyos temporales, debido a que se ubica en la zona alta de la subcuenca, con escurrimientos de 1 a 5 orden, de igual forma los cuerpos de agua son temporales. Estos cuerpos hidrológicos son de manera natural y artificial (ANX.VIII.IV.1.n. Características hidrológicas del SAR).

❖ **Hidrología subterránea**

El proyecto se encuentra dentro de 4 acuíferos, sin embargo, el acuífero con mayor superficie en el SAR es el acuífero Huichapan – Tecozautla.

Dentro de los factores que inciden en el funcionamiento de los acuíferos está la tectónica estructural regional, ya que la intensidad y dirección de los esfuerzos tectónicos, y la disposición del fracturamiento, son los aspectos más importantes en el funcionamiento geohidrológico regional.

Uno de los factores principales para la capacidad de recarga del acuífero es la característica geológica, sobre todo en las andesitas fracturadas a profundidad lo que permite una buena permeabilidad hacia el acuífero y el arreglo estratigráfico del subsuelo.

El derrame subterráneo tiene estrechamente relación con la funcionalidad hidrológica superficial, pues al igual que las características superficiales, el flujo tiene una dirección de sur a norte, que se alimenta de manera lateral por la infiltración proveniente de los tributarios procedentes de las sierras y lomeríos que limitan el valle, del oriente y poniente.

El acuífero en donde está la mayor superficie del SAR es de tipo libre a semiconfinado con niveles estáticos que oscilan entre los 60 y 220 m, localizando los valores más altos en el extremo suroccidental y el más bajo en el límite norte, hacia el cauce del Río San Juan. De acuerdo a los censos que se han realizado en el acuífero tienen distintos aprovechamientos por municipio entre los que tenemos: agrícola, doméstico, pecuario, industrial, etc., la extracción total fue de 57.15 hm³/año, de los cuales 40.74 hm³/año son destinados al uso agrícola, 12.30 hm³/año al público urbano 4.10 hm³/año a otros usos (Tabla IV.10)

Tabla IV.10 Extracción de agua subterránea en el acuífero

Total de volumen de extracción hm ³ año.										
Municipio	Agrícola	Avícola	Doméstico	Pecuario	Industrial	P.U.	Recreativo	Servicios	Sin Uso	Total
Huichapan	5.99	0.04			0.52	9.12		0.02	0.02	15.71
Nopala				0.95						0.95
Tecozautla	34.75		0.08	0.02		3.18	2.46			40.49
TOTAL	40.74	0.04	0.08	0.97	0.52	12.30	2.46	0.02	0.02	57.15

Fuente: CONAGUA, (2015)¹⁴

El proceso de recarga se lleva mediante la infiltración por agua de lluvia, a través de las fallas y fracturas existentes en el relieve de la sierra, lomeríos y a lo largo de los cauces de los ríos con algún control estructural, hasta alcanzar la roca volcánica que constituyen el acuífero de Huichapan – Tecozautla. El coeficiente de infiltración es de 4.5% esto de acuerdo con el balance hidrometeorológico del acuífero (Tabla IV.11).

Tabla IV.11 Balance hidrometeorológico del acuífero Huichapan – Tecozautla

Categoría	hm ³ /año	%
Volumen llovido	787.7	
Volumen evapotranspirado	651.8	82.7
Volumen de escurrimiento superficial	100.7	12.8
Volumen infiltrado	35.2	4.5

Fuente: CONAGUA, (2015)

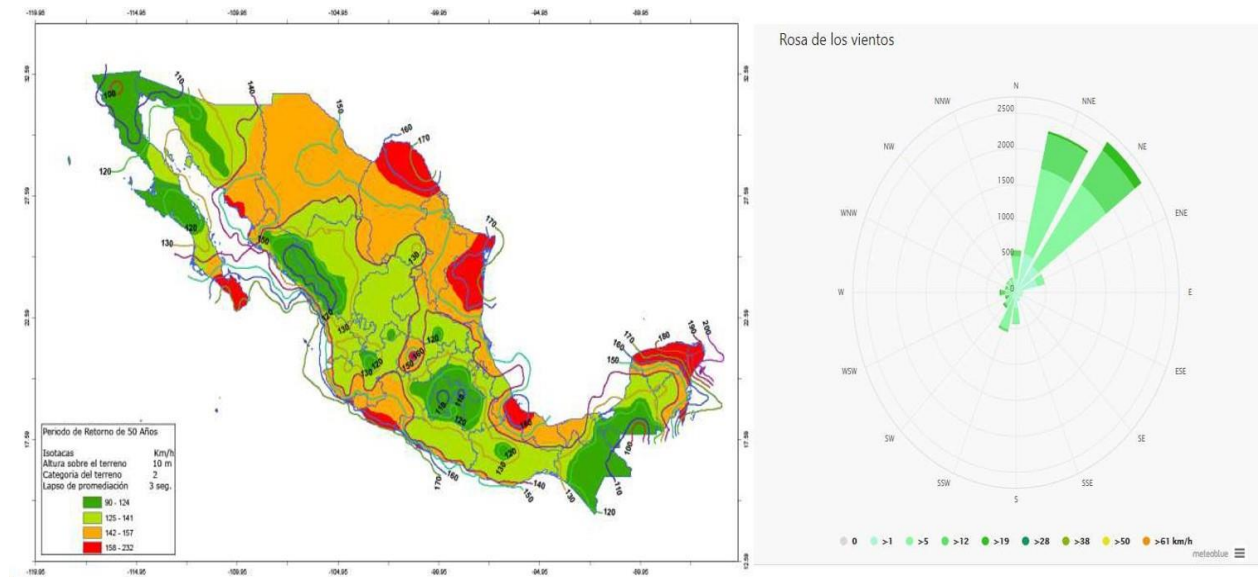
La disponibilidad de las aguas subterráneas de este acuífero tiene un déficit de 13,048,678 m³/año, por lo que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones.

IV.3.1.6 Aire

Derivado de la zonificación eólica CFE (CENAPRED, 2015), el sistema ambiental regional se ubica en la región con una intensidad de viento de 100 a 130 km/h (ANX.VIII.IV.1.o. Mapa de la zonificación eólica CFE).

Sin embargo, de acuerdo con los estudios de la CFE (2008)¹⁵ para las estructuras civiles, la racha máxima en donde se pretende desarrollar el proyecto a partir de 10 m sobre el suelo será de 141 km/h provenientes del noreste (Figura IV.6).

Figura IV.6 Mapa de Isotacas CFE para periodo de retorno de 50 años y rosa de los vientos.



IV.3.2 Medio biótico

IV.3.2.1 Vegetación

De acuerdo con la CONABIO (2017)¹⁶, México cuenta con un registro de 25 mil especies de plantas vasculares, lo que equivale aproximadamente al 9.1% de las 272 mil especies descritas en el mundo. Particularizando sobre el estado de Hidalgo, la extensión territorial del estado es de 2'065,454.57 hectáreas, según el Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2010 en SEMARNAT-CONAFOR, 201417), donde las superficies forestales suman 876,652.99 hectáreas (42.44 % de su superficie), mientras que las restantes 1,188,801.58 ha (57.56 %) son zonas no forestales que incluyen áreas agrícolas, asentamientos humanos, zonas urbanas, cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación. En tanto que, poco más de la mitad de su superficie forestal se encuentra en estado secundario de sucesión, evidenciando que existe una fuerte presión antrópica sobre la mayoría de la superficie estatal (Tabla IV.12).

Tabla IV.12 Cobertura forestal y no forestal en el estado de Hidalgo

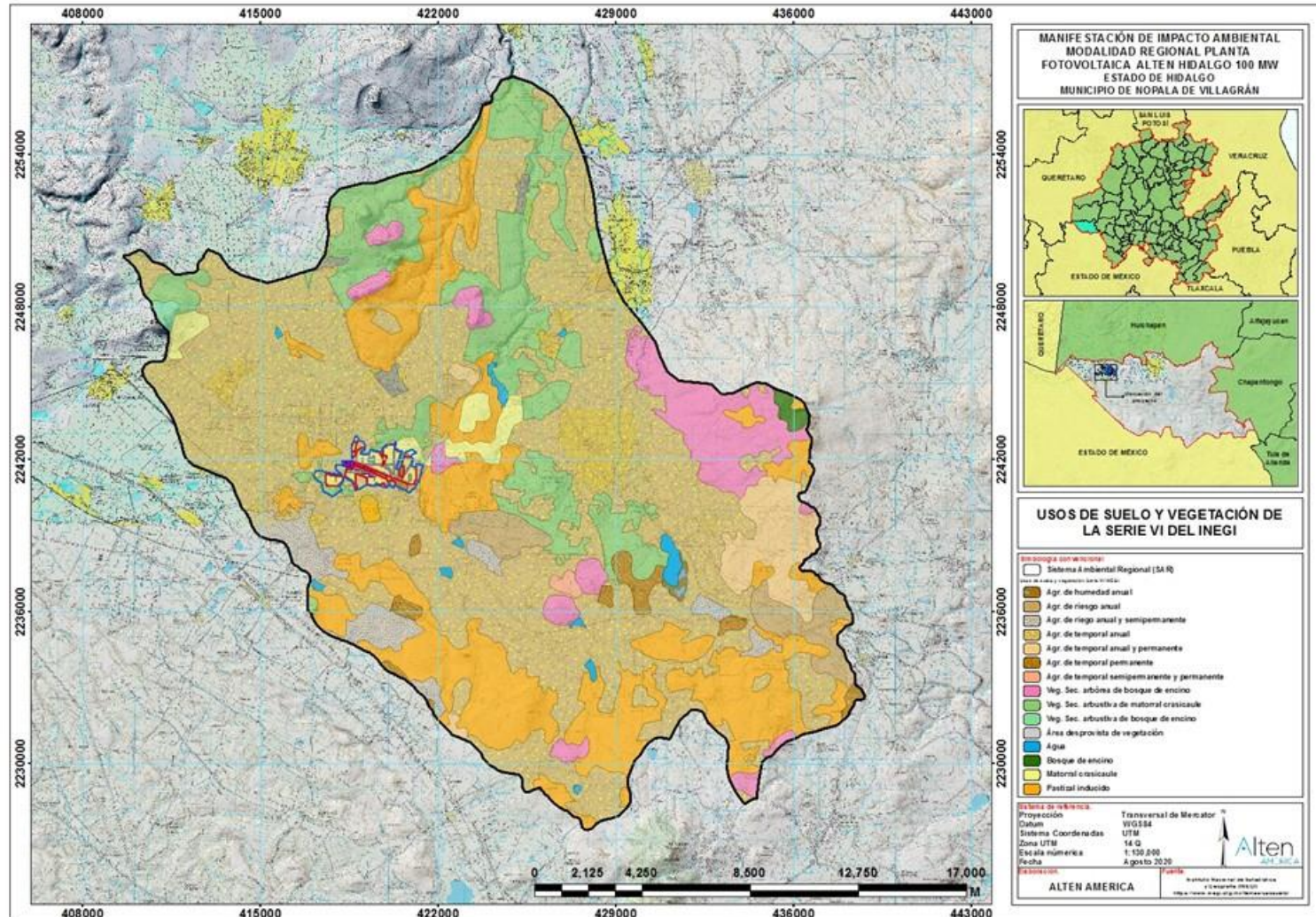
Cobertura	Superficie (ha)	%
Superficie forestal con vegetación primaria	413,389.10	20.01
Superficie forestal con vegetación secundaria	463,263.89	22.43
Áreas no forestales	1,188,801.58	57.56
Superficie total	2,065,454.57	100.00

El SAR, como se ha mencionado anteriormente, comprende una superficie de 45,210.66 ha donde, de acuerdo con la serie VI del INEGI, domina el uso de suelo agrícola que ocupa el 59.29 % de su superficie, en tanto que la vegetación forestal representada por el matorral crasicaule y el bosque de encino, en estado primario y secundario de vegetación en ambos casos, ocupan en conjunto tan sólo el 20.3% de la superficie del SAR (Tabla IV.13, Figura IV.7 y ANX.VIII.IV.1.p.Mapa de usos de suelo y vegetación en el SAR).

Tabla IV.13 Superficie por uso de suelo y vegetación del SAR (Serie VI, INEGI)

Usos de suelo y vegetación	Superficie (ha)
Agricultura de humedad anual	68.21
Agricultura de riego anual	1,192.52
Agricultura de riego anual y semipermanente	1,227.78
Agricultura de temporal anual	22,249.91
Agricultura de temporal anual y permanente	1,412.68
Agricultura de temporal permanente	568.96
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	85.93
Agua	251.88
Área desprovista de vegetación	0.35
Bosque de encino	128.32
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	86.48
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,684.20
Matorral crasicaule	673.16
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	5,596.89
Pastizal inducido	8,806.38
Urbano construido	176.99
TOTAL	45,210.66

Figura IV.7 Mapa de usos de suelo y vegetación presentes en el Sistema Ambiental Regional



- **Matorral crasicaule (MC):** se localiza principalmente en las zonas semiáridas del centro y norte del país. Estas comunidades se desarrollan preferentemente sobre suelos someros de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600mm y la temperatura es de 16 a 22°C en promedio anual y con temperaturas mínimas de 10-12°C. La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m, excepcionalmente más, su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi 100% de cobertura, el matorral puede admitir la presencia de numerosas plantas herbáceas y especies como *Cylindropuntia spp.*, *Opuntia spp.*, *Mimosa spp.*, *Acacia spp.*, *Dalea spp.*, *Prosopis spp.*, *Rhus spp.*, *Larrea spp.*, *Brickellia spp.*, *Eupatorium spp.*, *Buddleja spp.*, *Celtis spp.*, etcétera.

Este matorral ha sido estudiado en el área de Zimapán, que es un área relativamente cercana al SAR y AeP, donde la asociación vegetal se da principalmente por las especies: *Opuntia streptacanta*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Pachycereus marginatus*, *Stenocereus dumortieri*, *Karwinskia humboldtiana*, *Celtis monoica*, *Senna racemosa*, *Pseudosmodium andrieuxii* y *Acacia berlandieri*.

- **Bosque de encino (BE):** son comunidades arbóreas, subarbóreas u ocasionalmente arbustivas distribuidas en casi todo el país e integradas por múltiples especies del género *Quercus* (encinos, robles) que en México, salvo condiciones muy áridas se ubican prácticamente desde los 300 hasta los 2,800 m de altitud. Se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros, generalmente como una transición entre bosques de coníferas y las selvas.

Este bosque se ha observado en diferentes clases de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos o someros como regosoles, leptosoles, cambisoles, andosoles, luvisoles, entre otros. El tamaño de los árboles varía de los 4 hasta los 30 m de altura y los hay desde bosques abiertos a muy densos.

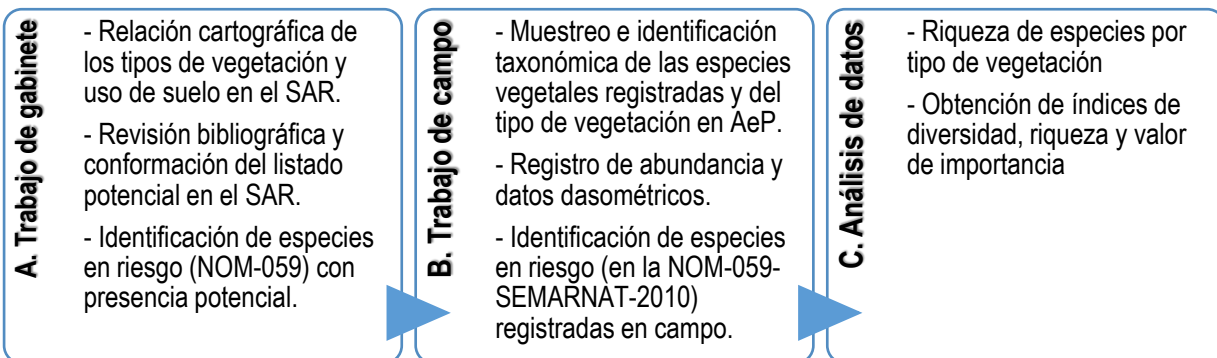
- **Vegetación secundaria:** Hace referencia un estado sucesional de la vegetación después de la presencia de algún disturbio causado por factores humanos o naturales, que modifica la estructura y composición florística de la comunidad vegetal original. Con base en las formas de vida presentes y su altura, se consideran tres fases: vegetación secundaria herbácea, vegetación secundaria arbustiva y vegetación secundaria arbórea.

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 la “Vegetación Secundaria” que en forma natural y con el tiempo pueden favorecer la recuperación de la vegetación original.

- **Pastizal inducido:** Comunidad dominada por gramíneas que 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. Esta vegetación inducida, pueden corresponder a una fase del proceso natural de sucesión vegetal, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral, otras veces, no pertenecen a ninguna serie de sucesión y por el contrario son favorecidas por efecto de un intenso y prolongado disturbio (tala, incendio, pastoreo, etc.) al interrumpirse el proceso natural de sucesión. Por lo anterior, en este estudio este tipo de uso de suelo será clasificado como superficie perturbada y no será considerado como vegetación forestal.

La caracterización de la composición florística fue desarrollada en tres etapas (Figura IV.8), en primera instancia se realizó la recopilación bibliográfica, de las especies vegetales con potencial de presencia en el SAR previamente delimitado, de acuerdo con los tipos de vegetación presentes en él. En la segunda etapa se realizó un monitoreo en campo para verificar la información recabada y determinar las especies vegetales presentes en el área de establecimiento del proyecto, y finalmente en la tercera etapa, los resultados arrojados por el trabajo de campo fueron analizados estadísticamente.

Figura IV.8 Metodología para la caracterización de la composición florística

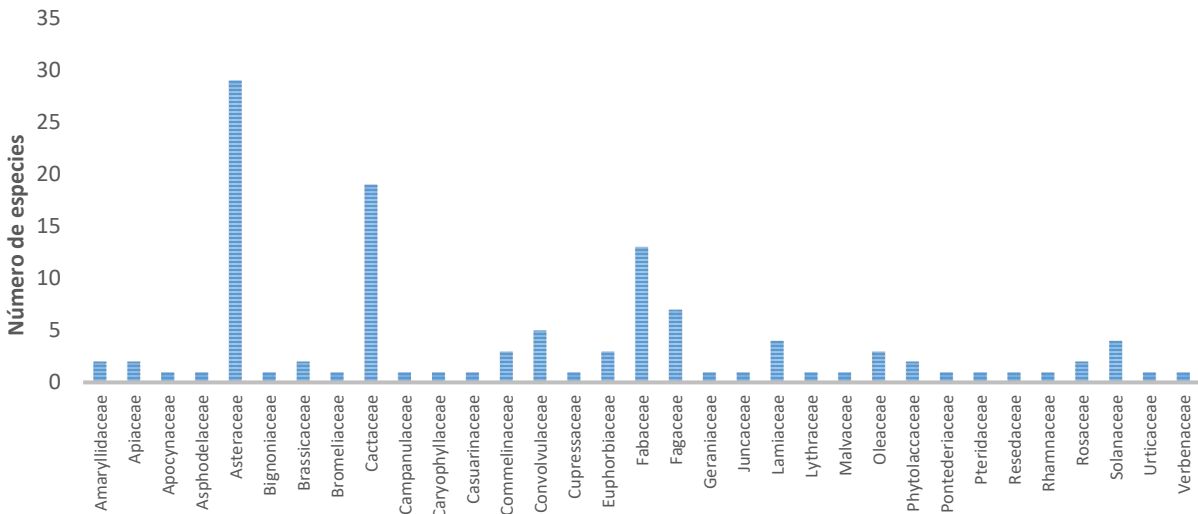


A. Determinación de la flora potencial en el SAR (trabajo de gabinete)

Con base en la delimitación del polígono del SAR y la identificación de los tipos de vegetación presentes en dicha área, se realizó el trabajo de investigación bibliográfica a partir de artículos indexados y la búsqueda de registros de observaciones y colecciones biológicas incluidas en el Servicio Mundial de Información sobre Biodiversidad “GBIF” (*Global Biodiversity Information Facility*) y de la plataforma “Naturalista” de la CONABIO, para determinar aquellas especies con potencial de presencia dentro del espacio geográfico antes referido. Lo que derivó en el registro de **157 especies de flora con presencia potencial** en uno o varios de los tipos de vegetación presentes en el espacio geográfico que ocupa el SAR y/o adaptadas a zonas agrícolas o perturbadas (especies arvenses o ruderales), jerarquizada por familia, género y especie (Anexo ANX.VIII.IV.2 Listado potencial de flora en el SAR). Donde las familias mejor representadas, de un

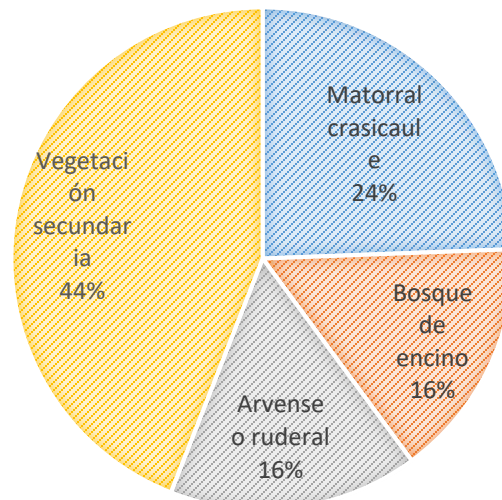
total de 44 registradas, son Asteraceae, Cactaceae y Poaceae con 29, 20 y 18 especies respectivamente (Figura IV.9).

Figura IV.9 Diversidad potencial de flora en el SAR



Considerando las adaptaciones de las especies con presencia potencial y por ende el hábitat en que se desarrollan, fue posible hacer una distinción en cada caso de acuerdo con su mayor probabilidad de distribución en alguno de los tipos de vegetación presentes en el SAR o dentro de las áreas perturbadas (agrícola, urbano y pastizal inducido). Resultando, que la mayoría de las especies potenciales de flora (44% de las especies) son características de la vegetación secundaria, pues poseen éxito en su sobrevivencia tanto en el matorral crasicaulé (MC) y/o el bosque de encino (BE), así como en áreas perturbadas; 24% de las especies se distribuyen preferentemente en el MC; 15% en BE; y el 16% son completamente ruderales o arvenses características de áreas perturbadas y que en varios casos corresponden a especies introducidas (Figura IV.10).

Figura IV.10 Distribución potencial de la riqueza florística del SAR por tipo de vegetación



Destaca que en el SAR se identificó la presencia **potencial** de 4 especies con algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010^{IV}, tres en estatus de Amenazadas (A) y una sujeta a protección especial (Pr), todas presentan una distribución endémica a México, junto con 49 especies más que no presentan estatus de riesgo. Las especies potenciales bajo el estatus de protección se distribuyen en el MC (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla IV.14 Especies POTENCIALES en el SAR, incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	Distribución
Cactaceae	<i>Mammillaria wiesingeri</i>	Biznaga	A	Endémica de México
Asparagaceae	<i>Dasyllirion acrotrichum</i>	Sotol verde	A	Endémica de México
Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	A	Endémica de México
Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	Pr	Endémica de México

NOM-059-SEMARNAT-2010: A = amenazada; Pr = protección especial.

B. Tipo de vegetación y especies de flora presentes en el AeP (trabajo de campo)

El área de establecimiento del proyecto (en adelante, AeP) corresponde a una superficie de 322.36 ha, dentro de las cuales, de acuerdo con la carta temática de usos de suelo del INEGI serie VI, se presentan 5.05 ha de vegetación forestal (1.51 ha de MC y 3.54 ha de vegetación secundaria arbustiva de MC). Sin embargo, mediante un análisis exhaustivo con ayuda de las imágenes satelitales de la plataforma Google Earth y los trabajos de muestreo realizados *in situ*, se determinó un área forestal dentro del AeP de **82.5586 ha con presencia de matorral crasicaule, de las cuales, 52.4375 ha se encuentran como vegetación primaria (MC) y 30.1211 ha en estado secundario de sucesión vegetal (Vsa/MC)** (Figura IV.11; ANX.VIII.IV.1.q.Usos de suelo y vegetación en el AeP, INEGI y ANX.VIII.IV.1.r. Vegetación en el AeP determinada *in situ*) que corresponde a la vegetación y superficie a remover por el proyecto (superficie de CUS); por otro lado, resultó coincidente con el análisis cartográfico del INEGI que la mayor superficie del AeP (74%) está ocupada por uso de suelo agrícola (Tabla IV.15).

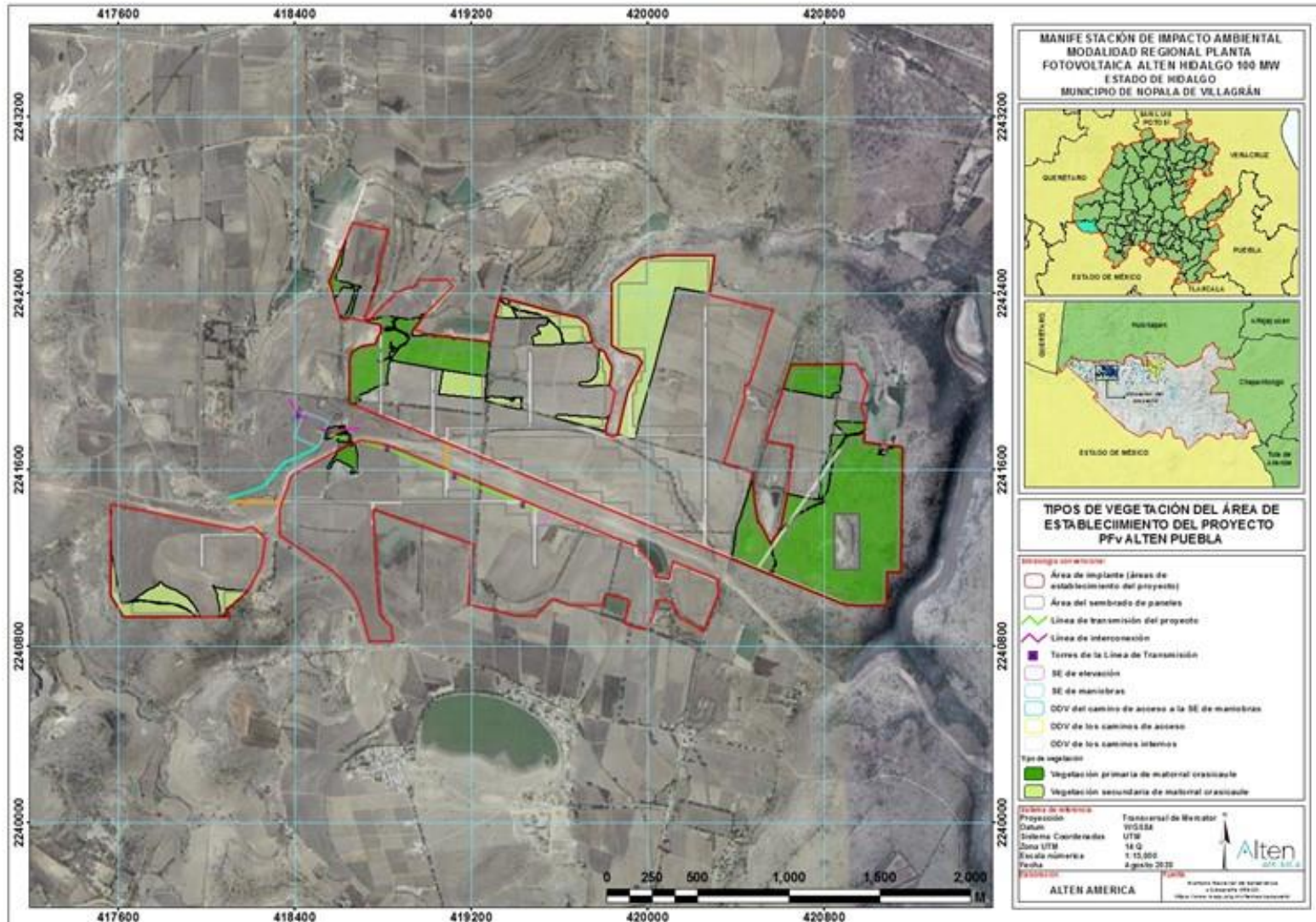
En este contexto, el área forestal del AeP representa apenas el 1.3% de la superficie forestal cubierta por estas dos comunidades vegetales en el SAR.

Tabla IV.15 Superficie forestal y no forestal en el AeP (determinación *in situ*)

Uso de suelo y vegetación	Superficie AeP (ha)	%
Superficie sin cubierta forestal (Agricultura)	239.81	74%
Matorral Crasicaule (MC)	52.44	16%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule (Vsa/MC)	30.12	9%
TOTAL	322.36	100%

^{IV} Última modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019.

Figura IV.11 Tipo de vegetación en el AeP determinada *in situ*, superficie de CUS



Para la caracterización de la composición florística en el MC y Vsa/MC se realizó un muestreo *in situ* para determinar las especies vegetales presentes en dicha área por comunidad y estrato vegetal, y posteriormente los resultados arrojados fueron analizados para obtener los valores de diversidad.

El trabajo de muestreo implicó el levantamiento de información en un total de 8 unidades muestrales o puntos de muestreo (PM) distribuyendo 4 PM en el MC y 4 PM en la Vsa/MC para el AeP; y un total de 16 PM, distribuidos 8 PM en el MC y 8 PM en la Vsa/MC para el SAR. Las coordenadas en el sistema UTM de los puntos de muestreo para ambas áreas se presentan en la Tabla IV.16 y Tabla IV.17 y su ubicación en los anexos ANX.VIII.IV.1.s.Ubicación de los PM de vegetación en el AeP y ANX.VIII.IV.1.t.Ubicación de los PM de vegetación en el SAR.

Tabla IV.16 Coordenadas de PM de vegetación en el AeP

Comunidad vegetal	PM	Coordenadas UTM		Comunidad vegetal	PM	Coordenadas UTM	
		X	Y			X	Y
MC	1	419029	2242165	Vsa/MC	1	417831	2240959
MC	2	421138	2241612	Vsa/MC	2	419633	2242229
MC	3	420860	2241549	Vsa/MC	3	419914	2242197
MC	4	420825	2241312	Vsa/MC	4	419924	2242498

Tabla IV.17 Coordenadas de PM de vegetación en el SAR

Comunidad vegetal	PM	Coordenadas UTM		Comunidad vegetal	PM	Coordenadas UTM	
		X	Y			X	Y
MC	1	421089	2243480	Vsa/MC	1	415616	2240387
MC	2	421281	2243515	Vsa/MC	2	415754	2240225
MC	3	421248	2243199	Vsa/MC	3	418684	2237423
MC	4	421025	2243247	Vsa/MC	4	418557	2237734
MC	5	420053	2242622	Vsa/MC	5	417352	2240458
MC	6	421476	2243280	Vsa/MC	8	416895	2240468
MC	7	419675	2242475	Vsa/MC	7	420462	2242994
MC	8	418231	2240946	Vsa/MC	8	418006	2238138

Diseño de muestreo y forma de los PM

Los PM fueron circulares con una dimensión de 500 m² en donde se registraron las especies arbóreas, cactáceas^V y epífitas. Y en cada sitio se delimitaron a su vez dos áreas más, una de 100 m² para el registro de especies arbustivas^{VI} y otra de 1 m² para el registro de especies herbáceas, a manera de conglomerado (Figura IV.12 y Figura IV.13). Para el tamaño de los sitios

^V Se utilizó el término “cactáceas” de forma genérica para el estrato denominado “cactáceas y epífitas”, sin embargo en este estrato se incluyeron también especies de otras familias de suculentas.

^{VI} Se consideró arbusto a la planta perenne, con el tallo lignificado, el cual se ramifica a partir de la base, generalmente de no más de 3 metros de altura (Pérez, 2013)^{VI}

de muestreo, se consideró el concepto de “área mínima”, que se refiere al espacio en que una comunidad puede desarrollar o demostrar su composición y estructura característica. El área mínima se puede determinar con la relación especies-área, pero también es común que el tamaño del cuadro o parcela en general sea de 10 x 10 m (100 m²) para árboles, 5 x 5 m (25 m²) para arbustos y de 1 x 1 m (1 m²) para herbáceas (Bautista, *et al.*, 2011¹⁸). En este caso particular la dimensión de los sitios de muestreo no sólo satisfizo sino superó el área mínima requerida para evaluar las características propias de los componentes de las comunidades vegetales de interés. Cabe mencionar que los sitios de muestreo de 500 m² son adecuados para el levantamiento de datos dasométricos ya que proveen confiabilidad estadística estimada, a través del coeficiente de variación, dado que a partir de estas dimensiones la reducción del coeficiente de variación es mínimo (González-Cuevas, 2002)¹⁹.

Los datos que se registraron durante el muestreo fueron variables clasificatorias (número de sitio, fecha, ubicación geográfica); información ecológica (nombre común, nombre científico, forma biológica); y variables dasométricas (diámetro normal o basal, diámetro de copa y altura total), útiles para agrupar los datos del inventario florístico y obtener los resultados de los índices de diversidad llevando a cabo el análisis por medio de la estratificación vertical (estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas-epífitas).

Figura IV.12 Forma de los sitios de muestreo para la caracterización vegetal

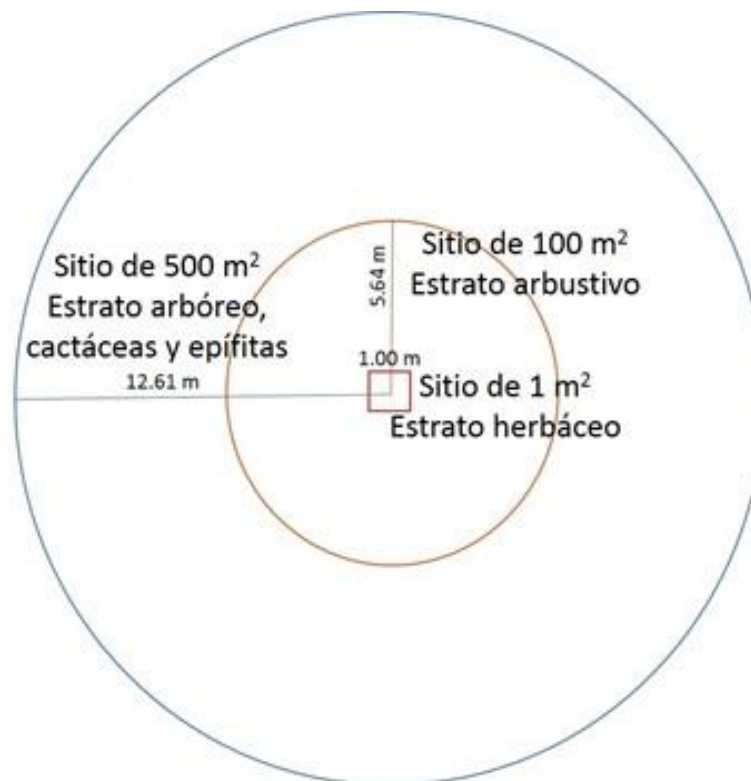


Figura IV.13 Trabajo de campo para la caracterización del matorral crasicaule en estado primario y secundario



Suficiencia estadística del muestreo

La determinación del número de puntos de muestreo es la base del diseño de la metodología del muestreo, si bien es sabido que entre más sean es mejor debido a que el porcentaje de error en el muestreo disminuye, generalmente existen limitaciones financieras y de tiempo, por lo que biólogos y ecólogos recurren a diversos métodos como auxiliares en la determinación del número adecuado de muestras, para que el muestreo sea estadísticamente representativo y que los datos tengan una distribución normal (Bautista, *et al.*, 2011²⁰; Mostacedo y Fredericksen, 2000²¹). Uno de los criterios que generalmente se utilizan para determinar el

tamaño de la muestra es la homogeneidad espacial de la variable o población a estudiarse. En este sentido, el número de sitios de muestreo aumenta cuanto más heterogéneas sean las variables de estudio. Ante esta situación, los ecólogos utilizan ciertas herramientas para mantener la representatividad y confiabilidad estadística de un muestreo (Mostacedo y Fredericksen, 2000 *Op cit.*).

De acuerdo con lo anterior, la suficiencia estadística del muestreo fue evaluada a través del modelo matemático propuesto por Dauber, Erhad, (1995)²² y Carrera (1996)²³, desarrollado específicamente para estudios en ecología vegetal; partiendo de la base de contar con un nivel de confianza^{VII} del 90%:

$$n = \frac{t^2 s\%^2}{E\%^2}$$

Donde:

n = número de puntos de muestreo con suficiencia estadística

t = valor que define el nivel de confianza, obtenido a partir de las tablas "t de Student".

s% = es el coeficiente de variación de la población (también denominado CV)

E% = error admisible

El Coeficiente de variación (CV o s%), deriva de:

$$CV = \frac{s * 100}{\bar{x}}$$

Donde:

s = Desviación estándar

x = Promedio

El error admisible está en función de la siguiente ecuación y de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000 *Op cit.*) en ecología vegetal el error generalmente aceptado es del 20%.

$$E\% = t \frac{s\%}{\sqrt{n}}$$

El modelo anterior permite la determinación de n (número de puntos de muestreo con suficiencia estadística) en función tanto de la composición homogénea o heterogénea de los datos levantados en campo, al considerar el coeficiente de variación (CV); como de la representatividad estadística, al considerar la distribución normal de los datos (prueba t student) a un nivel de confianza establecido del 90%.

Ahora bien, con base en la información obtenida en campo respecto al número de especies registradas en cada unidad muestral se obtuvo el valor de la media, la desviación

^{VII} Nivel de confianza: es la probabilidad con la que el método dará una respuesta correcta. El nivel de confianza hay que interpretarlo como que disponemos de un método que en cierto porcentaje de casos acierta y en el resto falla (Barón López y Téllez Montiel, 2004).

estándar y el coeficiente de variación para el MC y la Vsa/MC. **El modelo aplicado evidenció la suficiencia estadística de los PM levantados tanto en el AeP (Tabla IV.18 y Tabla IV.19) como en el SAR (Tabla IV.20 y Tabla IV.21 y en cada comunidad vegetal evaluada, con una confiabilidad del 90% de acuerdo con la distribución t student, mientras que el porcentaje de error se mantuvo por debajo de 20% (recomendado por la bibliografía) para el caso del muestreo en el SAR y el MC del AeP y ligeramente más elevado en el caso de la Vsa/MC del área del proyecto.**

Tabla IV.18. Representatividad estadística del muestreo en el MC del AeP

Tipo de vegetación	PM	Riqueza específica registrada por PM
MC	1	21
MC	2	22
MC	3	16
MC	4	14
Promedio (\bar{x})		18.25
Muestras (n)		4
Desviación estándar (S)		3.86
Coeficiente de variación (CV)		21.16
Nivel de confianza^{1/}, 90% t =		1.6377
Error admisible (%)		17.33
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		4

^{1/} Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 90% y con grados de libertad = n-1.

Tabla IV.19 Representatividad estadística del muestreo en la Vsa/MC del AeP

Tipo de vegetación	PM	Riqueza específica registrada por PM
Vsa/MC	1	17
Vsa/MC	2	9
Vsa/MC	3	15
Vsa/MC	4	10
Promedio (\bar{x})		12.75
Muestras (n)		4
Desviación estándar (S)		3.86
Coeficiente de variación (CV)		30.29
Nivel de confianza^{1/}, 90% t =		1.6377
Error admisible (%)		24.80
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		4

^{1/} Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 90% y con grados de libertad = n-1.

Tabla IV.20. Representatividad estadística del muestreo en el MC del SAR

Tipo de vegetación	PM	Riqueza específica registrada por PM
MC	1	21
MC	2	18
MC	3	14
MC	4	17
MC	5	18
MC	6	16
MC	7	17
MC	8	16
Promedio (\bar{x})		17
Muestras (n)		8
Desviación estándar (S)		2.03
Coefficiente de variación (CV)		11.86
Nivel de confianza^{1/}, 90% t =		1.4149
Error admisible (%)		5.93
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		8

^{1/} Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 90% y con grados de libertad = n-1.

Tabla IV.21 Representatividad estadística del muestreo en la VSa/MC del SAR

Tipo de vegetación	PM	Riqueza específica registrada por PM
VSa/MC	1	13
VSa/MC	2	16
VSa/MC	3	14
VSa/MC	4	21
VSa/MC	5	11
VSa/MC	6	23
VSa/MC	7	15
VSa/MC	8	17
Promedio (\bar{x})		16
Muestras (n)		8
Desviación estándar (S)		4.03
Coefficiente de variación (CV)		24.78
Nivel de confianza^{1/}, 90% t =		1.4149
Error admisible (%)		12.39
Tamaño de la muestra (n) con suficiencia estadística		8

^{1/} Distribución de probabilidad t de Student con un intervalo de confianza del 90% y con grados de libertad = n-1.

Adicionalmente, para demostrar que el muestreo realizado posee confiabilidad estadística se optó por construir las **curvas de acumulación de especies** a partir de los resultados obtenidos (Tabla IV.22).

Es importante recordar que estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Cuando una curva de acumulación es asíntótica indica que, aunque se aumente el esfuerzo de muestreo (número de unidades de muestreo), no se incrementará el número de especies, por el contrario, si las curvas no llegan a esa asíntota podemos inferir que faltan más especies por registrar.

Con relación a lo antes descrito, debido a que la riqueza florística registrada en campo mediante un muestreo puede no ser la total o la potencial, debido a que los estudios biológicos tienen limitaciones de tiempo y espacio, es necesario utilizar estimadores de riqueza, mediante rarefacción, método ampliamente utilizado que calcula el número de especies esperadas en caso de que todas las muestras poseyeran el mismo número de individuos. Uno de los métodos utilizados para obtener los valores de rarefacción es la curva de Coleman, que requiere datos de abundancia de individuos. Dentro de los estimadores ampliamente utilizados en estos análisis también está Chao 1 que es de los más rigurosos (Villareal, et al., 2006²⁴). Para obtener las curvas de acumulación de especies se empleó en programa EstimateS versión 9.1.0.^{VIII}, que toma los datos provenientes de un muestreo, aleatoriza toda la información y realiza cálculos de número de especies observadas y esperadas. Una vez procesados los datos se obtuvo la información de número de especies observadas de acuerdo con el muestreo “S (obs)”, que se comparó con los valores esperados de la riqueza por los estimadores Chao 1 y Rarefacción de Coleman, por estrato y tipo de vegetación.

FLORA REGISTRADA Y CURVAS DE ACUMULACIÓN (AeP)

Se registraron 38 especies de flora en el AeP, todas presentes también en el SAR como se muestra más adelante. Del total mencionado, 34 especies (12 familias) se encontraron presentes en el MC y 25 especies (10 familias) en la Vsa/MC, lo que significa que la mayoría (21 especies) de las registradas se comparten entre ambas áreas, a razón de que se trata del mismo tipo de ecosistema, pero en diferente estado de sucesión ecológica (ANX.VII.IV.3 Base de datos de vegetación en el AeP).

En el AeP, el estrato con mayor riqueza registrada en ambas comunidades vegetales, fue el de las cactáceas y epífitas, seguido del estrato arbustivo y herbáceo, mientras que el estrato arbóreo fue el menos rico (Tabla IV.22).

^{VIII} EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version: EstimateS 9.1.0.

Cabe mencionar que, del total de especies **registradas**, sólo 2 se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010^{ix}, ambas cactáceas en los estatus A y Pr respectivamente (Tabla IV.23) y estas mismas se encontraron también en el SAR.

Tabla IV.22. Especies de flora registradas en el MC y la Vsa/MC del AeP

ID	Estrato	Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	MC AeP	Vsa/MC AeP
1	Arbóreo	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	Nativa	X	X
2	Arbóreo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	Nativa		X
3	Arbóreo	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	Nativa	X	X
4	Arbóreo	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	Nativa	X	X
SUBTOTAL						3	4
5	Arbustivo	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	Nativa	X	X
6	Arbustivo	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Nativa	X	X
7	Arbustivo	Asteraceae	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	Endémica		X
8	Arbustivo	Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	Nativa	X	
9	Arbustivo	Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	Nativa	X	
10	Arbustivo	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Nativa	X	X
11	Arbustivo	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	Nativa	X	X
12	Arbustivo	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	Endémica	X	X
13	Arbustivo	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	Endémica	X	X
SUBTOTAL						8	7
14	Cactáceas y epífitas	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero	Endémica	X	
15	Cactáceas y epífitas	Asparagaceae	<i>Agave mapisaga</i>	Maguey manso	Endémica	X	
16	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	Endémica	X	X
17	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	Nativa	X	
18	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	Endémica	X	X
19	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	Endémica	X	
20	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	Endémica	X	
21	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	Endémica	X	X
22	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	Endémica	X	
23	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	Endémica	X	X
24	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	Endémica	X	X
25	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	Endémica	X	X
26	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	Endémica	X	X
27	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	Endémica		X
28	Cactáceas y epífitas	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	Nativa	X	X

^{ix} Última modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019.

ID	Estrato	Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	MC AeP	Vsa/MC AeP
SUBTOTAL						14	9
29	Herbáceo	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	Nativa	X	X
30	Herbáceo	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	Nativa	X	
31	Herbáceo	Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	Nativa	X	
32	Herbáceo	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Nativa	X	
33	Herbáceo	Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	Nativa	X	
34	Herbáceo	Apiaceae	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	Endémica		X
35	Herbáceo	Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	Nativa	X	
36	Herbáceo	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	Endémica	X	X
37	Herbáceo	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	Nativa	X	X
38	Herbáceo	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	Endémica	X	X
SUBTOTAL						9	5
TOTAL						34	25

Tabla IV.23. Especies de flora registradas en el AeP enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

ID	Nombre científico	Nombre común	Distribución	MC	Vsa/MC	NOM-059	CITES	UICN
1	<i>Coryphantha elephantidens</i> ^{1/}	Biznaga partida peluda	Endémica	X	X	A	II	LC
2	<i>Mammillaria crinita</i> ^{2/}	Biznaga de espinas pubescentes	Endémica	X		Pr	II	LC

^{1/} *C. elephantidens* es el nombre válido para la sinonimia *C. elephantidens* var. *barciae*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Coryphantha+elephantidens+>)

^{2/} *M. crinita* es el nombre válido para la sinonimia *M. crinita* subsp. *crinita*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Mammillaria+crinita+>)

NOM-059-SEMARNAT-2010: A = amenazada; Pr = Protección especial.

CITES (Convenio sobre el comercio internacional de especies): Apéndice II = especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio.

LISTA ROJA, UICN: LC = preocupación menor.

Coryphantha elephantidens: es una especie de cactácea de crecimiento globoso caracterizada por la presencia de surcos profundos en sus tubérculos, es endémica de México donde presenta una amplia distribución, pues tiene poblaciones registradas en la CDMX, Hidalgo, Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas y Veracruz. Es una especie clasificada como Amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 e incluida en el Apéndice II de la CITES, denotando que sus poblaciones, a corto o mediano plazo, podrían disminuir al grado de encontrarse en peligro de desaparecer si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, siendo principalmente la modificación de su hábitat y seguramente su extracción ilegal para venta como especie ornamental.

Mammillaria crinita: es una especie de cactácea de crecimiento globoso, endémica de México, con poblaciones registradas en Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas. Esta clasificada en Protección especial (Pr) bajo la sinonimia de *M. crinita* subsp. *crinita* en la NOM-

059-SEMARNAT-2010 e incluida en el Apéndice II de la CITES, denotando que sus poblaciones, a corto o mediano plazo, podrían disminuir al grado de encontrarse en peligro de desaparecer si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, que en el caso que nos ocupa recae principalmente en la modificación de su hábitat y seguramente su extracción ilegal para venta como especie ornamental.

- **Matorral Crasicaule (MC), AeP**

En los resultados correspondientes al **MC del AeP** (Figura IV.14), en la construcción de la curva de acumulación de especies para el **estrato arbóreo**, es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, haciéndose visible el establecimiento de la asíntota a partir del PM 2 debido a la homogeneidad de la muestra, por lo que es posible inferir que aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo, no se registrarían más especies arbóreas dentro del área del proyecto con MC. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 3 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 3 y Chao 1 = 3, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% de certeza de acuerdo ambos estimadores utilizados.

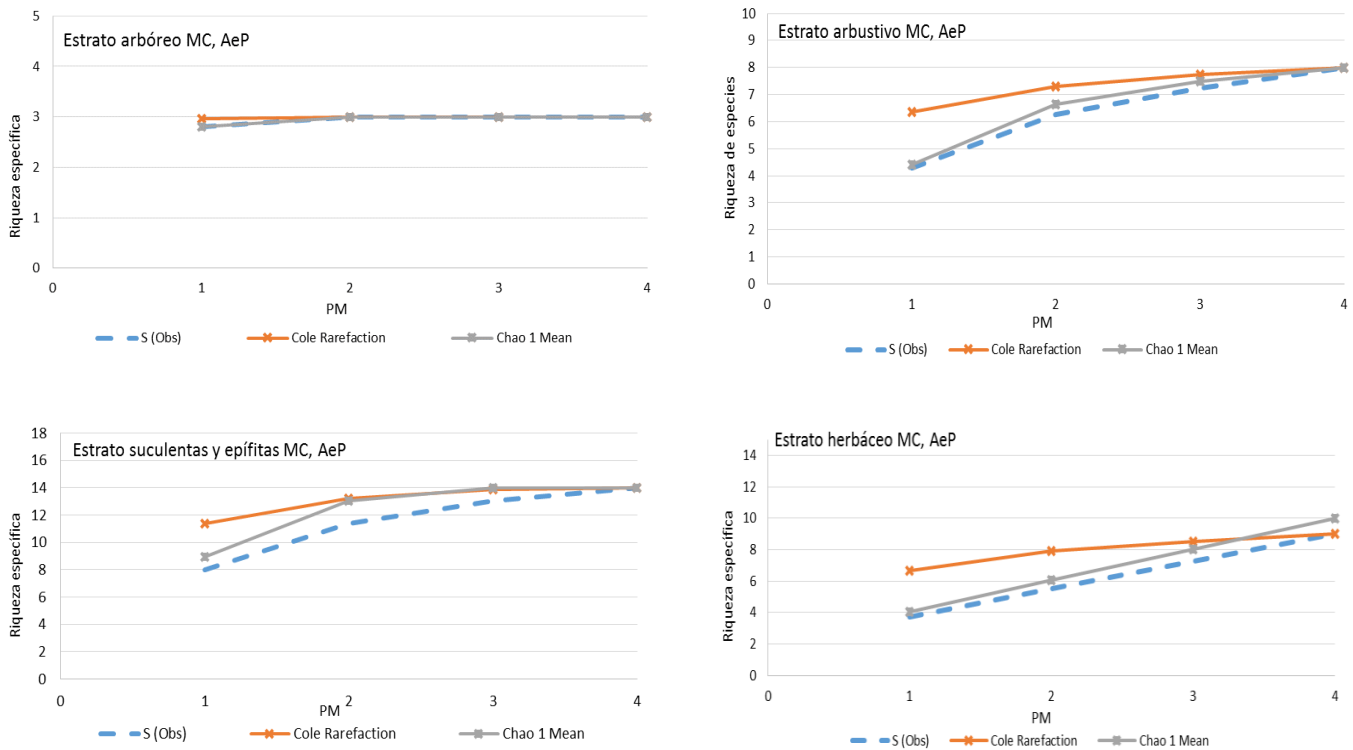
Para el **estrato arbustivo del MC**, los registros obtenidos en campo “S (obs)” se ajustan a la riqueza estimada por el índice de rarefacción y Chao 1, los valores obtenidos y estimados parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la curva, por lo que es posible inferir una baja probabilidad de encontrar más especies arbustivas en el MC del área del proyecto, aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 8 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 8 y Chao 1 = 8, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

Un caso similar a los anteriores ocurre con el **estrato cactáceas y epífitas del MC**, donde los registros obtenidos en campo “S (obs)” también se ajustan a lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, y donde puede apreciarse el inicio de la asíntota desde el PM 3, por lo que se infiere que aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo, no se registrarían más especies dentro de este estrato en el AeP con MC. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 14 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 14 y Chao 1 = 14, por lo que la riqueza registrada en campo presenta el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

Por otro lado, en el **estrato herbáceo del MC**, el inicio de la asíntota es más evidente con el estimador Cole Rarefaction, cuya riqueza específica estimada coincide con lo registrado en campo “S (obs)”, mientras que el estimador Chao 1 parece mantenerse en

crecimiento. De lo anterior, deriva que si bien existe la posibilidad de encontrar más especies herbáceas en el área^x, los registros de campo, al acercarse mucho a los estimadores, presentan validez y una certeza del 100% y 90% de acuerdo con cada uno de los estimadores utilizados. La riqueza específica registrada en este estrato fue de 9 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 9 y Chao 1 = 10.

Figura IV.14 Curvas de acumulación de especies para el MC en el AeP



- **Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule (Vsa/MC)**

En los resultados correspondientes a la **Vsa/MC del AeP** (Figura IV.15), en el **estrato arbóreo** es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción y continúan en crecimiento, mientras que con Chao 1 se estima la posibilidad de encontrar una especie más para alcanzar la asíntota. De lo anterior, es posible inferir que hay posibilidad de registrar al menos una especie más en este estrato, no obstante, el muestreo ejecutado aporta una vasta información en cuanto a la composición florística del AeP para este estrato, toda vez que la riqueza específica registrada en este estrato fue de 4 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction

^x Una de las razones que explica la posibilidad de que no se haya registrado la totalidad de especies herbáceas, es que al momento de ejecutar el muestreo aún no se encontraba bien establecida la temporada de lluvias que favorece el crecimiento de este tipo de especies anuales.

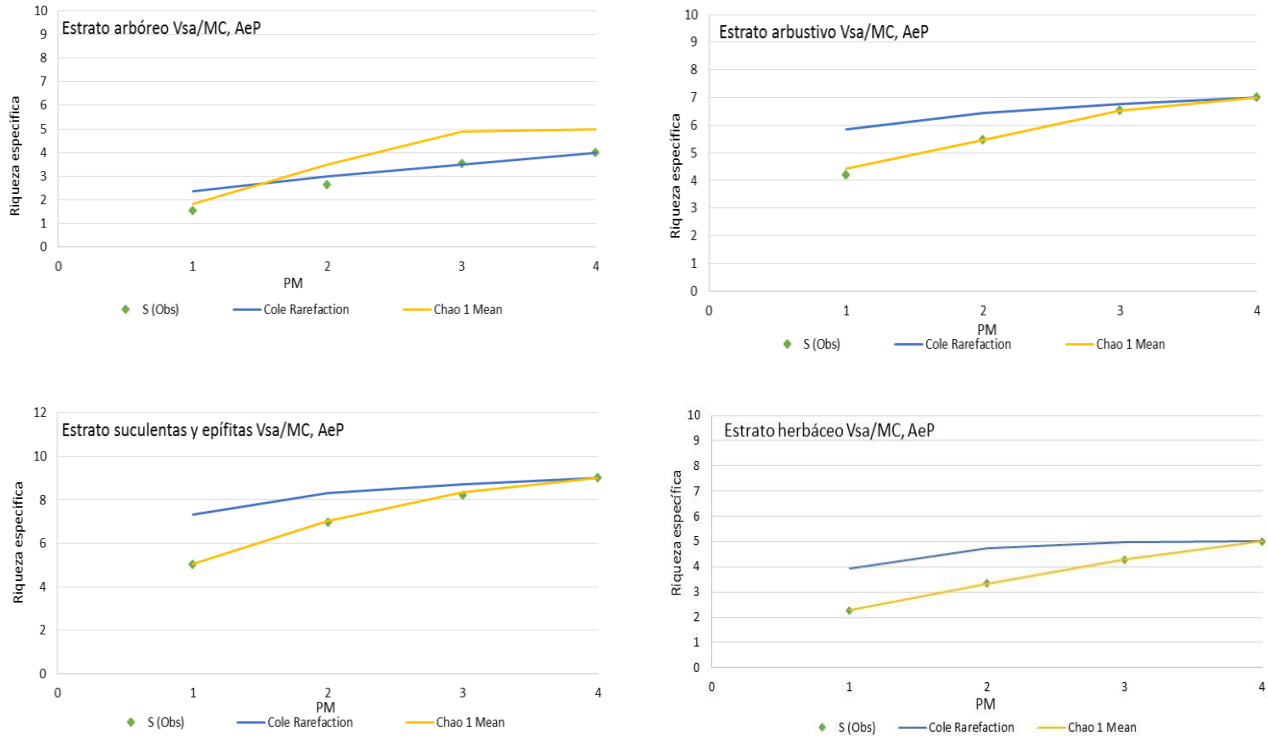
= 4 y Chao 1 = 5, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% y el 80% de certeza de acuerdo con cada uno de los estimadores utilizados.

Para el **estrato arbustivo de la Vsa/MC**, los registros obtenidos en campo “S (obs)” se ajustan a la riqueza estimada por el índice de rarefacción y Chao 1, los valores obtenidos y estimados parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la curva, por lo que es posible inferir una baja probabilidad de encontrar más especies arbustivas en el área, aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 7 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 7 y Chao 1 = 7, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores.

Un caso similar al anterior ocurre con el **estrato cactáceas y epífitas**, donde los registros obtenidos en campo “S (obs)” también se ajustan a lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, y donde los valores obtenidos y estimados parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la curva, por lo que es posible inferir que aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo, existe una baja probabilidad de encontrar más especies de este estrato en el área. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 9 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 9 y Chao 1 = 9, por lo que la riqueza registrada en campo presenta el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

En el **estrato herbáceo de la Vsa/MC**, sucede lo mismo, pues es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” también se ajustan a lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, y donde los valores obtenidos y estimados parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la curva, por lo que es posible inferir que aun cuando se incrementara el esfuerzo de muestreo, existe una baja probabilidad de encontrar más especies de este estrato en el área del proyecto. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 5 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 5 y Chao 1 = 5, por lo que la riqueza registrada en campo presenta el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores.

Figura IV.15 Curvas de acumulación de especies para la Vsa/MC en el AeP



FLORA REGISTRADA Y CURVAS DE ACUMULACIÓN (SAR)

Se registraron 67 especies de flora en el SAR, de las cuales 52 se encontraron presentes en el MC y 54 especies en la Vsa/MC; al igual que en AeP la mayoría de las especies registradas se comparten entre ambas áreas, a razón de que se trata del mismo tipo de ecosistema, pero en diferente estado de sucesión vegetal (ANX.VIII.IV.4 Base de datos de vegetación en el SAR). El estrato con mayor riqueza registrada en ambos casos fue el herbáceo, seguido de las cactáceas y epífitas y el estrato arbustivo, mientras que el estrato arbóreo fue el menos rico (Tabla IV.24).

Cabe mencionar que del total de especies **registradas**, 2 se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Coryphantha elephantidens*^{XI} y *Mammillaria crinita*^{XII}, mismas que también fueron localizadas en el AeP (Tabla IV.23)

^{XI} *C. elephantidens* es el nombre válido para la sinonimia *C. elephantidens* var. *barciae*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Coryphantha+elephantidens+>)

^{XII} *M. crinita* es el nombre válido para la sinonimia *M. crinita* subsp. *crinita*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Mammillaria+crinita+>)

Tabla IV.24. Especies de flora registradas en el MC y la Vsa/MC del SAR

ID	Estrato	Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	MC SAR	Vsa/MC SAR
1	Arbóreo	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	Nativa	X	X
2	Arbóreo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	Nativa	X	X
3	Arbóreo	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	Nativa	X	X
4	Arbóreo	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	Nativa	X	X
5	Arbóreo	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	Nativa		X
6	Arbóreo	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i>	ocote	Nativa		X
7	Arbóreo	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	Nativa	X	X
8	Arbóreo	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Nativa	X	
9	Arbóreo	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Pirul	Nativa	X	
SUBTOTAL						7	7
10	Arbustivo	Asteraceae	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	Endémica	X	X
11	Arbustivo	Verbenaceae	<i>Aloysia macrostachya</i>	Vara dulce	Nativa	X	
12	Arbustivo	Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i>	Romero de monte	Nativa		X
13	Arbustivo	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	Nativa	X	X
14	Arbustivo	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	Nativa	X	X
15	Arbustivo	Asteraceae	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	Endémica	X	X
16	Arbustivo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	Endémica	X	X
17	Arbustivo	Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	Nativa	X	X
18	Arbustivo	Rhamnaceae	<i>Condalia mexicana</i>	Espino de capulín	Endémica	X	
19	Arbustivo	Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	Nativa		X
20	Arbustivo	Asteraceae	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Escobillo	Nativa	X	
21	Arbustivo	Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	Nativa		X
22	Arbustivo	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Nativa	X	X
23	Arbustivo	Asteraceae	<i>Senecio salignus</i>	Azomiate	Nativa		X
24	Arbustivo	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	Nativa	X	X
25	Arbustivo	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	Endémica	X	X
26	Arbustivo	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	Endémica	X	X
SUBTOTAL						13	14
27	Cactáceas y epífitas	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	Endémica	X	X
28	Cactáceas y epífitas	Asparagaceae	<i>Agave mapisaga</i>	Magüey manso	Endémica	X	
29	Cactáceas y epífitas	Asphodelaceae	<i>Aloe vera</i>	Sábila	Exótica		X
30	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	Endémica	X	X
31	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	Nativa	X	X
32	Cactáceas y epífitas	Crassulaceae	<i>Echeveria paniculata var. maculata</i>	Echeveria	Endémica		X
33	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	Endémica	X	X
34	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	Endémica	X	X
35	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	Endémica	X	X
36	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	Endémica	X	X

ID	Estrato	Familia	Nombre científico	Nombre común	Distribución	MC SAR	Vsa/MC SAR
37	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	Endémica	X	X
38	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	Endémica	X	X
39	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	Endémica	X	X
40	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	Endémica	X	X
41	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	Endémica	X	X
42	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	Endémica		
43	Cactáceas y epífitas	Cactaceae	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	Endémica	X	X
44	Cactáceas y epífitas	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	Nativa	X	X
SUBTOTAL						15	16
45	Herbáceo	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	Nativa	X	X
46	Herbáceo	Fabaceae	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Astragalus	Nativa	X	X
47	Herbáceo	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	Nativa	X	X
48	Herbáceo	Poaceae	<i>Buteloua gracilis</i>	Navajita	Nativa	X	
49	Herbáceo	Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	Nativa	X	
50	Herbáceo	Fabaceae	<i>Dalea prostrata</i>	Escobilla	Endémica		X
51	Herbáceo	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Nativa	X	X
52	Herbáceo	Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	Nativa		X
53	Herbáceo	Apiaceae	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	Endémica		X
54	Herbáceo	Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i>	Geranio	Nativa	X	
55	Herbáceo	Amaranthaceae	<i>Guilleminea densa</i>	Bola de hilo	Nativa	X	X
56	Herbáceo	Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	Nativa	X	
57	Herbáceo	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	Endémica	X	X
58	Herbáceo	Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>	Tumbavaqueros	Endémica	X	
59	Herbáceo	Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	Espinocilla	Nativa	X	X
60	Herbáceo	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	Nativa	X	X
61	Herbáceo	Oxalidaceae	<i>Oxalis decaphylla</i>	Acederilla	Nativa		X
62	Herbáceo	Poaceae	<i>Poa annua</i>	Zacate azul	Exótica		X
63	Herbáceo	Acanthaceae	<i>Ruellia lactea</i>	Ruellia	Nativa		X
64	Herbáceo	Lamiaceae	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	Endémica	X	X
65	Herbáceo	Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Pera	Nativa	X	
66	Herbáceo	Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i>	Flor pata de gallo	Nativa	X	X
67	Herbáceo	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	Endémica	X	X
SUBTOTAL						17	17
TOTAL						52	54

- **Matorral Crasicaule (MC)**

En los resultados correspondientes a **MC del SAR** (Figura IV.16), en el **estrato arbóreo**, es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción que parecen acercarse a su asíntota al observarse

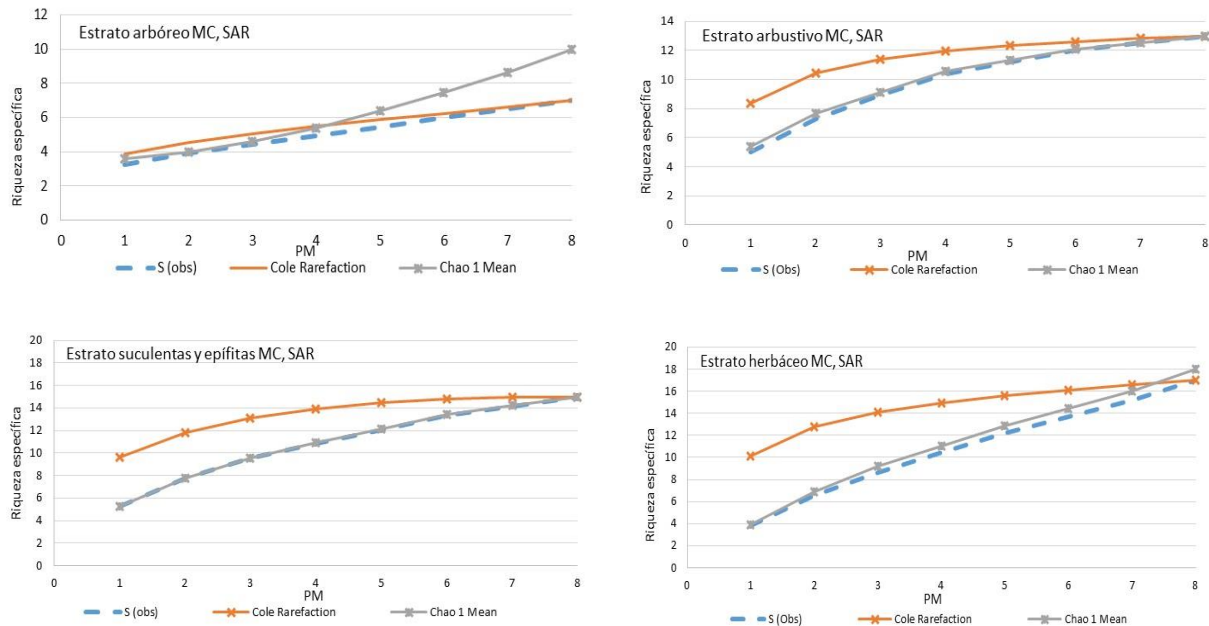
una disminución en el crecimiento logarítmico de la misma; mientras que con Chao 1 se estima una mayor riqueza específica y no se aprecia el acercamiento a la asíntota. De lo anterior, es posible inferir que si bien existe la posibilidad de encontrar más especies arbóreas en el área, el muestreo realizado aporta una vasta información en cuanto a la composición florística de la misma. En este contexto, la riqueza específica registrada en este estrato fue de 7 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 7 y Chao 1 = 10, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% y 70% de certeza de acuerdo con cada uno de los estimadores utilizados.

Para el **estrato arbustivo del MC**, los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden al 100% con lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, donde el inicio de la asíntota es más notorio, por lo que es posible inferir que para este estrato los registros obtenidos representan por completo la composición florística del MC. En este contexto la riqueza específica registrada en este estrato fue de 13 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 13 y Chao 1 = 13, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores.

Un caso similar al anterior ocurre con el **estrato cactáceas y epífitas del MC**, donde los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción y Chao 1, y donde puede apreciarse el inicio de la asíntota, toda vez que la riqueza específica registrada en este estrato fue de 15 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 15 y Chao 1 = 15, por lo que la riqueza registrada en campo presenta el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

En el **estrato herbáceo del MC**, el inicio de la asíntota es más evidente con el estimador Cole Rarefaction, cuya riqueza específica estimada se acerca mucho a lo registrado en campo “S (obs)”; mientras que el estimador Chao 1, parece mantenerse en crecimiento. De lo anterior, deriva que si bien es posible que aún puedan encontrarse más especies de herbáceas en el área, los registros de campo, al acercarse mucho a los estimadores, presentan validez y una certeza del 100% y 94% de acuerdo con cada uno de los estimadores utilizados. La riqueza específica registrada en este estrato fue de 17 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 17 y Chao 1 = 18.

Figura IV.16 Curvas de acumulación de especies para el MC en el SAR



- **Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule (Vsa/MC)**

En los resultados correspondientes a la **Vsa/MC del SAR** (Figura IV 17) en el **estrato arbóreo** es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción y con Chao 1, que además parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la misma. De lo anterior, es posible inferir que el muestreo realizado aporta una vasta información en cuanto a la composición florística de la misma, toda vez que la riqueza específica registrada en este estrato fue de 7 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 7 y Chao 1 = 7, por lo que la riqueza registrada en campo representa el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

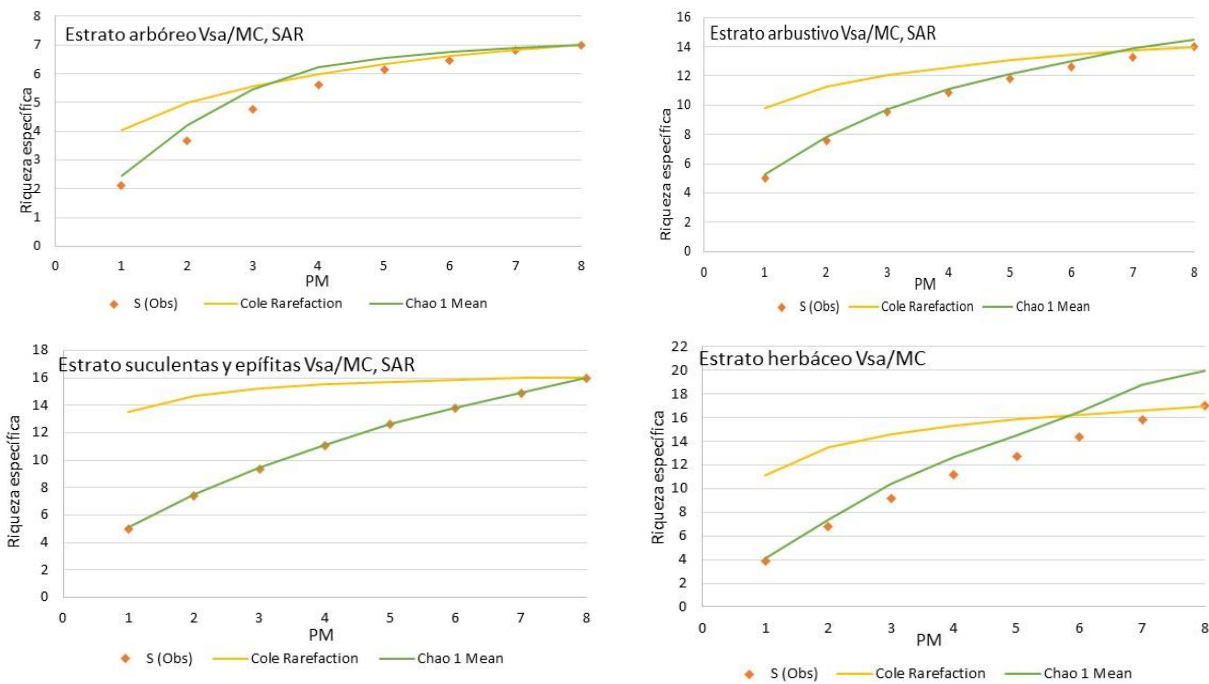
Para el **estrato arbustivo de la Vsa/MC**, los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva de Chao 1 y es muy cercano a lo estimado por el índice rarefacción. En este caso, el inicio de una asíntota es menos notoria, pero la riqueza registrada en campo representa el 100% y 97% de certeza de acuerdo cada uno de los estimadores utilizados, toda vez que la riqueza específica registrada en este estrato fue de 14 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 14 y Chao 1 = 14.5.

Un caso similar al anterior ocurre con el **estrato “cactáceas y epífitas” de la Vsa/MC**, donde los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden al 100% con la estimación de Chao 1 y con la riqueza esperada al PM 8 de acuerdo con el índice de rarefacción, a partir del cual además es visible el asentamiento de la asíntota. Por lo que es posible tener certeza de que

para este estrato también se cuenta con información suficiente respecto a la composición florística. La riqueza específica registrada en este estrato fue de 16 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 16 y Chao 1 = 16, por lo que la riqueza registrada en campo presenta el 100% de certeza de acuerdo con ambos estimadores utilizados.

En el **estrato herbáceo de la Vsa/MC**, es posible observar que los registros obtenidos en campo “S (obs)” coinciden con lo estimado por la curva del índice de rarefacción que parecen acercarse a su asíntota al observarse una disminución en el crecimiento logarítmico de la misma; mientras que con Chao 1 se estima una mayor riqueza específica y no se aprecia el acercamiento a la asíntota. De lo anterior, es posible inferir que si bien existe la posibilidad de encontrar más especies herbáceas en el área, los registros de campo, al acercarse mucho a los estimadores, presentan validez y una certeza del 100% y 85% de acuerdo con cada uno de los estimadores utilizados. La riqueza específica registrada en este estrato fue de 17 y la riqueza esperada de acuerdo con los estimadores fue: Cole Rarefaction = 17 y Chao 1 = 20.

Figura IV.17 Curvas de acumulación de especies para la Vsa/MC en el SAR



Los resultados presentados y la similitud entre éstos y los estimadores de riqueza, respaldan el valor de S (riqueza específica) del muestreo ejecutado y corrobora, junto con el análisis desarrollado anteriormente, la representatividad y suficiencia del muestreo.

C. Análisis de diversidad de la flora registrada en el AeP

Para medir la diversidad, el número de especies es la medida más frecuentemente utilizada, por varias razones: primero, la riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad; segundo, a pesar de que existen muchas aproximaciones para definir

el concepto de especie, su significado es ampliamente entendido; y tercero, al menos para ciertos grupos, las especies son fácilmente detectables y cuantificables (Moreno, 2001²⁵). A la riqueza de especies en una comunidad se le reconoce como el componente de *diversidad alfa* y para medirlo puede recurrirse directamente al número de especies presentes (riqueza específica “S”), sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001 Op Cit). Sin embargo, el análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si recordamos que el objetivo de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente, al identificar aquellas especies que son dominantes y las que son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, 2001 Op Cit).

En este sentido, el análisis de diversidad alfa para el presente estudio se desarrolló a través de diversas herramientas: 1) el cálculo del índice de Valor de Importancia (IVI); y 2) a través del índice Shannon-Wiener basado en el concepto de equidad para describir la estructura de la diversidad.

1) Índice de Valor de Importancia (IVI)

En cualquier comunidad vegetal existe una abundancia variable entre las diferentes especies que la conforman, debido a la competencia que existe entre ellas por recursos tales como luz, CO₂, agua, nutrientes, espacio y otros elementos. En este sentido, la o las especies que sean más eficientes en lograr aprovechar la energía del sistema serán las dominantes. La forma práctica de determinar este comportamiento ecológico en las comunidades es por medio de los valores de importancia de cada una de las especies que componen la comunidad.

El índice de valor de importancia (IVI) fue desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al. (2001), es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie (Zarco *et al.*, 2010²⁶). Corresponde a la suma de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la cobertura relativa o área basal relativa de cada especie. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie mejor que cualquiera de sus componentes por separado, su obtención se ejemplifica en la Figura IV.18.

Figura IV.18 Componentes del índice de valor de importancia



Cabe destacar que el índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956) al ejercer efectos en la estabilidad de éstos. En ocasiones, la dominancia guarda relación inversa con la abundancia, ya que es frecuente que se logre la dominancia por superioridad en la competencia y no por ser la que contó con más registros.

En el presente estudio, el índice de valor de importancia se calculó para cada uno de los estratos identificados en el muestreo (arbóreo, arbustivo, cactáceas y epífitas; y herbáceo). A partir de los resultados obtenidos en campo de riqueza y abundancia se determinó la densidad relativa de cada especie, mientras que las mediciones dasométricas fueron aprovechadas para la obtención de la dominancia relativa y finalmente, la frecuencia relativa se obtuvo en función del número de puntos de muestreo levantados y la frecuencia con que las diversas especies fueron registradas sobre éstos.

En el ANX.VIII.IV.5 (Memoria de cálculo de diversidad de flora en el AeP), se integran los cálculos realizados en formato Excel, para la obtención del IVI (al igual que el cálculo del índice de diversidad de Shannon) cuyos resultados se concretan en lo siguiente:

MATORRAL CRASICAULE (MC) EN EL AeP

En el **estrato arbóreo** de la vegetación primaria de MC, se registraron 3 especies, donde el huizache chino (*Acacia schaffneri*) registró el valor de importancia más alto (IVI=157), *A. schaffneri* es una especie de la familia Fabaceae, nativa y característica de este tipo de matorral. **En el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 8 registradas, fue el pericón (*Tagetes lucida*, IVI = 115) que también fue la especie que presentó los valores más altos para este estrato y comunidad vegetal en SAR, nuevamente se trata de una especie nativa, pero en este caso con cierto grado de adaptación a áreas perturbadas. En el **estrato de las cactáceas y epífitas** donde se registraron 14 especies, la bromelia *T. recurvata* fue la que presentó el mayor IVI de todo el estrato (IVI = 193), siendo coincidente con lo obtenido en el SAR; cabe mencionar que las dos especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, *C. elephantidens* y *M. crinita*, se encuentran dentro de este estrato, pero presentaron valores de importancia muy bajos (IVI = 7 y 4 respectivamente), siendo un indicativo, entre otras cosas, de su baja densidad. Finalmente, en el **estrato herbáceo**, compuesto por 9 especies, fue *Aegopogon tenellus* (zacate barbón de la familia Poaceae, IVI = 137) la que presentó mayor IVI, coincidiendo nuevamente con lo obtenido en el SAR, al igual que los casos anteriores se trata de una especie nativa y como en el caso del pericón, se encuentra adaptada tanto a condiciones de vegetación primaria como a áreas perturbadas (Tabla IV.25).

Tabla IV.25 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en el MC en el AeP

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBÓREO										
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	22,286	425	60.28	36.36	60.28	1.15	60.28	157
2	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	3,146	60	8.51	27.27	8.51	0.16	8.51	44
3	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	11,536	220	31.21	36.36	31.21	0.60	31.21	99
3	Σ		36,968	705	100	100	100	2	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO										
1	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	5,244	100	3.03	5.88	3.03	0.06	3.03	12
2	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	3,933	75	2.27	11.76	2.27	0.04	2.27	16
3	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	10,488	200	6.06	5.88	6.06	0.12	6.06	18
4	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	1,311	25	0.76	5.88	0.76	0.01	0.76	7
5	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	32,773	625	18.94	23.53	18.94	0.36	18.94	61
6	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	83,900	1,600	48.48	17.65	48.48	0.92	48.48	115
7	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	13,109	250	7.58	11.76	7.58	0.14	7.58	27
8	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	22,286	425	12.88	17.65	12.88	0.25	12.88	43
8	Σ		173,044	3,300	100	100	100	2	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO CACTÁCEAS Y EPÍFITAS										
1	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	22,286	425	3.29	9.7	3.3	0.06	3.29	16
2	<i>Agave mapisaga</i>	Magüey manso	5,506	105	0.81	6.5	0.8	0.02	0.81	8
3	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	787	15	0.12	6.5	0.1	0.00	0.12	7
4	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	524	10	0.08	3.2	0.1	0.00	0.08	3
5	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	787	15	0.12	6.5	0.1	0.00	0.12	7
6	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	2,622	50	0.39	3.2	0.4	0.01	0.39	4
7	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	1,049	20	0.15	3.2	0.2	0.00	0.15	4
8	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	2,360	45	0.35	6.5	0.3	0.01	0.35	7
9	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	787	15	0.12	6.5	0.1	0.00	0.12	7
10	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	7,341	140	1.08	12.9	1.1	0.02	1.08	15
11	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	6,293	120	0.93	12.9	0.9	0.02	0.93	15
12	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	1,049	20	0.15	3.2	0.2	0.00	0.15	4
13	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	4,195	80	0.62	9.7	0.6	0.01	0.62	11
14	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	621,122	11,845	91.79	9.7	91.8	1.75	91.79	193
14	Σ		676,706	12,905	100.00	100.0	100.0	1.91	100.00	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO HERBÁCEO										

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
1	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	7,734,531	147,500	54.13	28.57	54.13	1.03	54.13	137
2	<i>Astrolopis laevis</i>	Helecho	655,469	12,500	4.59	7.14	4.59	0.09	4.59	16
3	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	655,469	12,500	4.59	7.14	4.59	0.09	4.59	16
4	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	786,563	15,000	5.50	7.14	5.50	0.10	5.50	18
5	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	1,048,750	20,000	7.34	7.14	7.34	0.14	7.34	22
6	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	131,094	2,500	0.92	7.14	0.92	0.02	0.92	9
7	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	2,097,500	40,000	14.68	21.43	14.68	0.28	14.68	51
8	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	1,048,750	20,000	7.34	7.14	7.34	0.14	7.34	22
9	<i>Villadia misera</i>	Villadia	131,094	2,500	0.92	7.14	0.92	0.02	0.92	9
9	Σ		14,289,219	272,500	100	100	100	2	100	300

**VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL CRASICAULE (Vsa/MC)
EN EL AeP**

En el **estrato arbóreo** de la Vsa/MC del AeP, se registraron 4 especies, donde el huizache chino (*Acacia schaffneri*) y el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) presentaron los valores de importancia más altos (IVI=123 en ambos casos), coincidiendo con lo obtenido tanto en la vegetación primaria del AeP como en el SAR, ambas especies son de la familia Fabaceae y son nativas y características de este tipo de matorral. **En el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 7 registradas, fue *Viguiera linearis* (IVI = 86), que corresponde a una especie endémica de México y con frecuencia presente en la vegetación secundaria^{XIII}. En el **estrato de las cactáceas y epífitas**, donde se registraron 9 especies, fue la bromelia *Tillandsia recurvata* (IVI = 161) la que presentó el mayor índice de valor de importancia, coincidiendo con lo obtenido tanto en el SAR como en la vegetación primaria del AeP; cabe mencionar que la especie *C. elephantidens*, protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran dentro de este estrato, pero su IVI=11 fue el tercer valor más bajo del estrato, a razón de su baja densidad, entre otras cosas. Finalmente, en el **estrato herbáceo**, compuesto por 5 especies, *Aegopogon tenellus* (zacate barbón, IVI = 211) obtuvo el mayor IVI, coincidiendo nuevamente con lo obtenido en la vegetación en estado primario y en el SAR, se reitera que se trata de una especie nativa y adaptada tanto a condiciones de vegetación primaria como a áreas perturbadas (Tabla IV.26).

^{XIII} De acuerdo con la base de datos "malezas de México" de la CONABIO. Disponible en:
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/viguiera-linearis/fichas/ficha.htm#4.%20Habitat>

Tabla IV.26 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC en el AeP

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBÓREO										
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	1,355	45	45.00	33.33	45.00	1.49	45.00	123
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	151	5	5.00	16.67	5.00	0.17	5.00	27
3	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	1,355	45	45.00	33.33	45.00	1.49	45.00	123
4	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	151	5	5.00	16.67	5.00	0.17	5.00	27
4	Σ		3,012	100	100	100	100	3	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO										
1	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	7,530	250	5.75	12.50	5.75	0.19	5.75	24
2	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	8,283	275	6.32	12.50	6.32	0.21	6.32	25
3	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	3,012	100	2.30	6.25	2.30	0.08	2.30	11
4	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	29,368	975	22.41	25.00	22.41	0.74	22.41	70
5	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	33,886	1,125	25.86	25.00	25.86	0.86	25.86	77
6	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	48,194	1,600	36.78	12.50	36.78	1.22	36.78	86
7	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	753	25	0.57	6.25	0.57	0.02	0.57	7
7	Σ		131,027	4,350	100	100	100	3	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO EPÍFITAS Y/O CACTÁCEAS										
1	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	602	20	0.71	10.00	0.7	0.02	0.71	11
2	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	904	30	1.07	5.00	1.1	0.04	1.07	7
3	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	452	15	0.54	10.00	0.5	0.02	0.54	11
4	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	151	5	0.18	5.00	0.2	0.01	0.18	5
5	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	5,271	175	6.25	20.00	6.3	0.21	6.25	33
6	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	4,819	160	5.71	20.00	5.7	0.19	5.71	31
7	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	2,108	70	2.50	10.00	2.5	0.08	2.50	15
8	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	4,066	135	4.82	15.00	4.8	0.16	4.82	25
9	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	65,965	2,190	78.21	5.00	78.2	2.60	78.21	161
9	Σ		84,339	2,800	100.00	100.0	100.0	3.32	100.00	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO HERBÁCEO										
1	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	11,822,532	392,500	83.07	44.44	83.07	2.76	83.07	211
2	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	225,908	7,500	1.59	11.11	1.59	0.05	1.59	14
3	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	301,211	10,000	2.12	11.11	2.12	0.07	2.12	15
4	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	301,211	10,000	2.12	11.11	2.12	0.07	2.12	15
5	<i>Villadia misera</i>	Villadia	1,581,358	52,500	11.11	22.22	11.11	0.37	11.11	44
5	Σ		14,232,220	472,500	100	100	100	3	100	300

MATORRAL CRASICAULE (MC) EN EL SAR

En el **estrato arbóreo** de la vegetación primaria de MC, se registraron 7 especies, donde el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) registró el valor de importancia más alto (IVI=115), cuyos componentes abundancia y dominancia también fueron los más elevados, pese a no ser la especie más frecuente. *E. polystachya* es una especie de la familia Fabaceae, nativa y característica de este tipo de matorral. En el **estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 13 registradas, fue el pericón (*Tagetes lucida*, IVI = 104) que presentó los valores más altos para los tres componentes de este índice, nuevamente se trata de una especie nativa, pero en este caso con cierto grado de adaptación a áreas perturbadas. En el **estrato de las cactáceas y epífitas** donde se registraron 15 especies, la bromelia *T. recurvata* fue la que presentó el mayor IVI de todo el estrato (IVI = 151), pero en el caso de cactáceas exclusivamente, fue *O. streptacantha* la que presentó un IVI más elevado (IVI = 44); cabe mencionar que las dos especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran dentro de este estrato, pero presentaron valores de importancia muy bajos (IVI = 3 y 6). Finalmente, en el **estrato herbáceo**, compuesto por 17 especies, fue *Aegopogon tenellus* (zacate barbón de la familia Poaceae, IVI = 120) la que presentó mayor IVI, y que al igual que los casos anteriores se trata de una especie nativa y como en el caso del pericón, se encuentra adaptada tanto a condiciones de vegetación primaria como a áreas perturbadas (Tabla IV.27).

Tabla IV.27 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en el MC del SAR

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBÓREO										
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	2,494	65	18.18	26.92	18.18	0.47	18.18	63
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	96	3	0.70	3.85	0.70	0.02	0.70	5
3	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	6,043	158	44.06	26.92	44.06	1.15	44.06	115
4	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	4,316	113	31.47	30.77	31.47	0.82	31.47	94
5	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	576	15	4.20	3.85	4.20	0.11	4.20	12
6	<i>Prunus persica</i>	Durazno	96	3	0.70	3.85	0.70	0.02	0.70	5
7	<i>Schinus molle</i>	Pirul	96	3	0.70	3.85	0.70	0.02	0.70	5
7	Σ		8,633	358	100	100	100	3	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO										
1	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	959	25	0.46	2.50	0.46	0.01	0.46	3
2	<i>Aloysia macrostachya</i>	Vara dulce	4,796	125	2.32	2.50	2.32	0.06	2.32	7
3	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	2,398	63	1.16	5.00	1.16	0.03	1.16	7
4	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	11,031	288	5.34	10.00	5.34	0.14	5.34	21
5	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	3,357	88	1.62	5.00	1.62	0.04	1.62	8
6	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	959	25	0.46	2.50	0.46	0.01	0.46	3
7	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	7,194	188	3.48	7.50	3.48	0.09	3.48	14
8	<i>Condalia mexicana</i>	Espino de capulín	2,878	75	1.39	15.00	1.39	0.04	1.39	18
9	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Escobillo	480	13	0.23	2.50	0.23	0.01	0.23	3

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
10	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	71,460	1,863	34.57	17.50	34.57	0.90	34.57	87
11	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	89,685	2,338	43.39	17.50	43.39	1.13	43.39	104
12	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	4,316	113	2.09	7.50	2.09	0.05	2.09	12
13	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	7,194	188	3.48	5.00	3.48	0.09	3.48	12
13	Σ		206,707	5,388	100	100	100	3	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO CACTÁCEAS Y EPÍFITAS										
1	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	480	13	0.33	2.4	0.33	0.01	0.33	3
2	<i>Agave mapisaga</i>	Magüey manso	1,247	33	0.85	2.4	0.85	0.02	0.85	4
3	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	288	8	0.20	2.4	0.20	0.01	0.20	3
4	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	2,206	58	1.51	12.2	1.51	0.04	1.51	15
5	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	192	5	0.13	4.9	0.13	0.00	0.13	5
6	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	1,055	28	0.72	4.9	0.72	0.02	0.72	6
7	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	192	5	0.13	2.4	0.13	0.00	0.13	3
8	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	288	8	0.20	2.4	0.20	0.01	0.20	3
9	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	192	5	0.13	2.4	0.13	0.00	0.13	3
10	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	1,343	35	0.92	4.9	0.92	0.02	0.92	7
11	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	13,717	358	9.37	19.5	9.37	0.24	9.37	38
12	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	17,649	460	12.06	19.5	12.06	0.31	12.06	44
13	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	3,933	103	2.69	7.3	2.69	0.07	2.69	13
14	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitile	384	10	0.26	2.4	0.26	0.01	0.26	3
15	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	103,210	2,690	70.51	9.8	70.51	1.84	70.51	151
15	Σ		146,374	3,815	100.00	100.0	100.0	2.61	100.00	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO HERBÁCEO										
1	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	7,385,821	192,500	49.84	20.00	49.84	1.30	49.84	120
2	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Astragalus	911,238	23,750	6.15	3.33	6.15	0.16	6.15	16
3	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	95,920	2,500	0.65	3.33	0.65	0.02	0.65	5
4	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita	287,759	7,500	1.94	3.33	1.94	0.05	1.94	7
5	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	287,759	7,500	1.94	3.33	1.94	0.05	1.94	7
6	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	671,438	17,500	4.53	6.67	4.53	0.12	4.53	16
7	<i>Geranium seemannii</i>	Geranio	47,960	1,250	0.32	3.33	0.32	0.01	0.32	4
8	<i>Guilleminea densa</i>	Bola de hilo	335,719	8,750	2.27	3.33	2.27	0.06	2.27	8
9	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	47,960	1,250	0.32	3.33	0.32	0.01	0.32	4
10	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	1,534,716	40,000	10.36	16.67	10.36	0.27	10.36	37
11	<i>Ipomoea stans</i>	Tumbavaqueros	431,639	11,250	2.91	3.33	2.91	0.08	2.91	9
12	<i>Loeselia coerulea</i>	Espinocilla	95,920	2,500	0.65	3.33	0.65	0.02	0.65	5

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
13	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	575,519	15,000	3.88	3.33	3.88	0.10	3.88	11
14	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	239,799	6,250	1.62	3.33	1.62	0.04	1.62	7
15	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Pera	815,318	21,250	5.50	3.33	5.50	0.14	5.50	14
16	<i>Tinantia erecta</i>	Flor pata de gallo	1,007,157	26,250	6.80	13.33	6.80	0.18	6.80	27
17	<i>Villadia misera</i>	Villadia	47,960	1,250	0.32	3.33	0.32	0.01	0.32	4
17	Σ		14,819,601	386,250	100	100	100	3	100	300

**VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL CRASICAULE (Vsa/MC)
EN EL SAR**

En el **estrato arbóreo** de la Vsa/MC, se registraron 7 especies, donde el huizache chino (*Acacia schaffneri*) fue la que presentó el valor de importancia más alto (IVI=84), cuyos componentes abundancia y dominancia también fueron los más elevados, pese a no ser la especie más frecuente, el huizache es una especie de la familia Fabaceae, nativa y característica de este tipo de matorral. **En el estrato arbustivo**, la especie con mayor IVI, de las 14 registradas, fue la uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa*, IVI = 97) que presentó los valores más altos para los tres componentes de este índice, nuevamente se trata de una especie nativa característica del matorral crasicaule. En el **estrato de las cactáceas y epifitas** donde se registraron 16 especies, fue el nopal camueso (*Opuntia robusta*, IVI = 79) la que presentó el mayor valor de importancia; cabe mencionar que las dos especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran dentro de este estrato, pero presentaron valores de importancia muy bajos (IVI = 3 y 18). Finalmente, en el **estrato herbáceo**, compuesto por 17 especies, la especie con mayor IVI coincide con lo obtenido en la vegetación en estado primario, *Aegopogon tenellus* (zacate barbón, IVI = 122), reiterando que se trata de una especie nativa y adaptada tanto a condiciones de vegetación primaria como a áreas perturbadas (Tabla IV.28).

Tabla IV.28 Índice de valor de importancia (IVI) para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC del SAR

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBÓREO										
1	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	1,581	65	33.33	17.65	33.33	1.37	33.33	84
2	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	1,277	53	26.92	17.65	26.92	1.11	26.92	71
3	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	1,156	48	24.36	17.65	24.36	1.00	24.36	66
4	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	426	18	8.97	23.53	8.97	0.37	8.97	41
5	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	61	3	1.28	5.88	1.28	0.05	1.28	8
6	<i>Pinus teocote</i>	Teocote	122	5	2.56	11.76	2.56	0.11	2.56	17
7	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	122	5	2.56	5.88	2.56	0.11	2.56	11
7	Σ		4,744	195	100	100	100	4	100	300

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO ARBUSTIVO										
1	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	912	38	0.56	4.76	0.56	0.02	0.56	6
2	<i>Asclepias linaria</i>	Algodoncillo	7,907	325	4.88	9.52	4.88	0.20	4.88	19
3	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	6,387	263	3.94	4.76	3.94	0.16	3.94	13
4	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	10,644	438	6.57	7.14	6.57	0.27	6.57	20
5	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	608	25	0.38	2.38	0.38	0.02	0.38	3
6	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	2,433	100	1.50	2.38	1.50	0.06	1.50	5
7	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	2,129	88	1.31	2.38	1.31	0.05	1.31	5
8	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	3,954	163	2.44	11.90	2.44	0.10	2.44	17
9	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	304	13	0.19	2.38	0.19	0.01	0.19	3
10	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	63,562	2,613	39.21	19.05	39.21	1.61	39.21	97
11	<i>Senecio salignus</i>	Azomiate	304	13	0.19	2.38	0.19	0.01	0.19	3
12	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	32,541	1,338	20.08	14.29	20.08	0.83	20.08	54
13	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	11,253	463	6.94	7.14	6.94	0.29	6.94	21
14	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	19,160	788	11.82	9.52	11.82	0.49	11.82	33
14	Σ		142,938	6,663	100	100	100	4	100	300
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO EPÍFITAS Y/O CACTÁCEAS										
1	<i>Agave salmiana</i>	Magüey pulquero	2,920	120	7.24	5.0	7.24	0.30	7.24	19
2	<i>Aloe vera</i>	Sábila	1,581	65	3.92	2.5	3.92	0.16	3.92	10
3	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	2,190	90	5.43	7.5	5.43	0.22	5.43	18
4	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	487	20	1.21	2.5	1.21	0.05	1.21	5
5	<i>Echeveria paniculata var. maculata</i>	Echeveria	2,494	103	6.18	2.5	6.18	0.25	6.18	15
6	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	730	30	1.81	2.5	1.81	0.07	1.81	6
7	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	122	5	0.30	2.5	0.30	0.01	0.30	3
8	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	122	5	0.30	2.5	0.30	0.01	0.30	3
9	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	1,581	65	3.92	12.5	3.92	0.16	3.92	20
10	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	1,642	68	4.07	5.0	4.07	0.17	4.07	13
11	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	730	30	1.81	2.5	1.81	0.07	1.81	6
12	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	11,800	485	29.26	20.0	29.26	1.20	29.26	79
13	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	4,258	175	10.56	7.5	10.56	0.43	10.56	29
14	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	2,980	123	7.39	7.5	7.39	0.30	7.39	22
15	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	5,718	235	14.18	15.0	14.18	0.58	14.18	43
16	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	973	40	2.41	2.5	2.41	0.10	2.41	7
16	Σ		40,327	1,658	100.00	100.0	100.0	4.11	100.00	300

ID	Nombre científico	Nombre común	n	Densidad	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura (%)	Dominancia	Dominancia relativa (%)	IVI (%)
CÁLCULO DEL VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA PARA EL ESTRATO HERBÁCEO										
1	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	7,359,795	302,500	51.49	19.35	51.49	2.12	51.49	122
2	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Astragalus	1,094,846	45,000	7.66	3.23	7.66	0.31	7.66	19
3	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	121,650	5,000	0.85	6.45	0.85	0.03	0.85	8
4	<i>Dalea prostrata</i>	Escobilla	973,196	40,000	6.81	3.23	6.81	0.28	6.81	17
5	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	152,062	6,250	1.06	9.68	1.06	0.04	1.06	12
6	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	152,062	6,250	1.06	3.23	1.06	0.04	1.06	5
7	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	30,412	1,250	0.21	3.23	0.21	0.01	0.21	4
8	<i>Guilleminea densa</i>	Bola de hilo	304,124	12,500	2.13	3.23	2.13	0.09	2.13	7
9	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	364,949	15,000	2.55	9.68	2.55	0.10	2.55	15
10	<i>Loeselia coerulea</i>	Espinocilla	152,062	6,250	1.06	3.23	1.06	0.04	1.06	5
11	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	30,412	1,250	0.21	3.23	0.21	0.01	0.21	4
12	<i>Oxalis decaphylla</i>	Acederilla	30,412	1,250	0.21	3.23	0.21	0.01	0.21	4
13	<i>Poa annua</i>	Zacate azul	364,949	15,000	2.55	3.23	2.55	0.10	2.55	8
14	<i>Ruellia lactea</i>	Ruellia	212,887	8,750	1.49	3.23	1.49	0.06	1.49	6
15	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	699,485	28,750	4.89	3.23	4.89	0.20	4.89	13
16	<i>Tinantia erecta</i>	Flor pata de gallo	1,490,206	61,250	10.43	12.90	10.43	0.43	10.43	34
17	<i>Villadia misera</i>	Villadia	760,309	31,250	5.32	6.45	5.32	0.22	5.32	17
17	Σ		14,293,816	587,500	100	100	100	4	100	300

2) Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Un índice de diversidad es una medida matemática de la diversidad de especies en una comunidad. Los índices de diversidad proporcionan más información sobre la composición de la comunidad que simplemente la riqueza de especies, ya que consideran la abundancia relativa de éstas. Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad en términos de estructura es el de Shannon, también conocido como Índice de Shannon-Wiener, derivado de la teoría de información como una medida de la entropía, este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Moreno, 2001 Op Cit). El índice de Shannon (H) se define como:

$$H = - \sum_{i=1}^S Pi * LnPi$$

Donde:

H = Índice de diversidad de Shannon

Pi = Abundancia relativa de especies

S = número de especies en la muestra

En este sentido es importante mencionar que la diversidad es un concepto que se utiliza, sobre todo, centrándose en el hecho de la relación entre la diversidad y las perturbaciones, ya que puede ser visto como una disminución en la diversidad cuando las perturbaciones ambientales aumentan. Es así como *el índice puede tomar valores entre 0 y el Ln(S), donde S es la riqueza específica (valor conocido como Hmax)*. Los valores máximos rara vez

son mayores a 5, y en la literatura, los valores bajos de este índice se consideran indicadores de perturbación como consecuencia de la modificación o alteración de las condiciones naturales de una comunidad vegetal, considerando que los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral y los menores son las zonas desérticas.

Una forma de evaluar estas condiciones es mediante la asignación de un estado de valoración de la calidad de la comunidad vegetal a partir del índice de diversidad, tal como sigue:

- 5, refleja condiciones óptimas / diversidad muy alta.
- 4, refleja muy buen estado / diversidad alta.
- 3 a 4, refleja buen estado / diversidad media-alta.
- 2 a 3, refleja estado moderado / diversidad media.
- 1 a 2, refleja perturbación / diversidad baja.
- 0 a 1, refleja mal estado / diversidad muy baja.

Los valores de Shannon más altos indican que los individuos están más equitativamente distribuidos, o sea que *una comunidad es más diversa si tiene menos grupos dominantes*. Por lo que para complementar el índice es preciso determinar la equidad, mediante el índice de Pielou (J') en cada comunidad, parámetro que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, donde 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, es decir, que hay menos dominancia (Magurran, 1988)²⁷.

$$J' = H' / H'_{\text{máx}} \quad H'_{\text{máx}} = S$$

MC y Vsa/MC en el AeP

En el AeP, **se registraron valores de diversidad entre $H=0.4447$** (estrato de cactáceas y epífitas) **y $H=1.5257$** (estrato herbáceo) **dentro de la vegetación primaria de MC** (Tabla IV.29); **y entre $H= 0.6272$** (estrato herbáceo) **y $H= 1.5079$** (estrato arbustivo) **en el caso de la vegetación secundaria (Vsa/MC) (tablaIV.30)**). Los valores de diversidad obtenidos para todos los estratos y ambos estados sucesionales quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada ($H'_{\text{máx}}$) y fueron inferiores a 2, apuntando a que el área del proyecto corresponde a un área con una diversidad florística baja a muy baja y un grado de perturbación importante, de acuerdo con la clasificación antes descrita. Los valores de equidad oscilaron entre $J' = 0.1685$ (estrato de cactáceas y epífitas) y $J' = 0.7994$ (estrato arbóreo) para la vegetación primaria de MC; y entre $J' = 0.3897$ (estrato herbáceo) y $J' = 0.7749$ (estrato arbustivo) en la Vsa/MC, por lo que los valores de equitatividad tendieron a alejarse del 1, reflejando comunidades con mayor número de especies dominantes y por ende menos diversas (ANX.VIII.IV.5 (Memoria de cálculo de diversidad de flora en el AeP).

Tabla IV.29 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en el MC en el AeP

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
ESTRATO ARBÓREO								
1	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	425	22,286	0.6028	-0.5061	-0.3051
2	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	60	3,146	0.0851	-2.4639	-0.2097
3	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	220	11,536	0.3121	-1.1646	-0.3634
3	Total			705	36,968	1	-	-0.8782
I. Shannon H								0.8782
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								1.0986
Equitatividad (J) H/H' max =								0.7994
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	100	5,244	0.0303	-3.4965	-0.1060
2	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	75	3,933	0.0227	-3.7842	-0.0860
3	Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	200	10,488	0.0606	-2.8034	-0.1699
4	Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	25	1,311	0.0076	-4.8828	-0.0370
5	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	625	32,773	0.1894	-1.6639	-0.3151
6	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	1,600	83,900	0.4848	-0.7239	-0.3510
7	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	250	13,109	0.0758	-2.5802	-0.1955
8	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	425	22,286	0.1288	-2.0496	-0.2640
8	Total			3,300	173,044	1	-	-1.5244
I. Shannon H								1.5244
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.0794
Equitatividad (J) H/H' max =								0.7331
ESTRATO CACTÁCEAS Y EPIFITAS								
1	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero	425	22,286	0.0329	-3.4133	-0.1124
2	Asparagaceae	<i>Agave mapisaga</i>	Maguey manso	105	5,506	0.0081	-4.8114	-0.0391
3	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	15	787	0.0012	-6.7573	-0.0079
4	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	10	524	0.0008	-7.1628	-0.0056
5	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	15	787	0.0012	-6.7573	-0.0079
6	Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	50	2,622	0.0039	-5.5533	-0.0215
7	Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	20	1,049	0.0015	-6.4696	-0.0100
8	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	45	2,360	0.0035	-5.6587	-0.0197
9	Cactaceae	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	15	787	0.0012	-6.7573	-0.0079
10	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	140	7,341	0.0108	-4.5237	-0.0491
11	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	120	6,293	0.0093	-4.6779	-0.0435
12	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	20	1,049	0.0015	-6.4696	-0.0100

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
13	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	80	4,195	0.0062	-5.0833	-0.0315
14	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	11,845	621,122	0.9179	-0.0857	-0.0787
14	Total			12,905	676,706	1	-	-0.4447
I. Shannon H								0.4447
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.6391
Equitatividad (J) H/H' max =								0.1685
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	147,500	7,734,531	0.5413	-0.6138	-0.3322
2	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	12,500	655,469	0.0459	-3.0819	-0.1414
3	Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	12,500	655,469	0.0459	-3.0819	-0.1414
4	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	15,000	786,563	0.0550	-2.8996	-0.1596
5	Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	20,000	1,048,750	0.0734	-2.6119	-0.1917
6	Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	2,500	131,094	0.0092	-4.6913	-0.0430
7	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	40,000	2,097,500	0.1468	-1.9188	-0.2817
8	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	20,000	1,048,750	0.0734	-2.6119	-0.1917
9	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	2,500	131,094	0.0092	-4.6913	-0.0430
9	Total			272,500	14,289,219	1	-	-1.5257
I. Shannon H								1.5257
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.1972
Equitatividad (J) H/H' max =								0.6944

Tabla IV.30 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC en el AeP

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
ESTRATO ARBÓREO								
1	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	1,355	0.4500	-0.7985	-0.3593	1,355
2	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	151	0.0500	-2.9957	-0.1498	151
3	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	1,355	0.4500	-0.7985	-0.3593	1,355
4	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	151	0.0500	-2.9957	-0.1498	151
4	Total			100	3,012	1	-	-1.0182
I. Shannon H								1.0182
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								1.3863
Equitatividad (J) H/H' max =								0.7345
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	250	7,530	0.0575	-2.8565	-0.1642
2	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	275	8,283	0.0632	-2.7612	-0.1746
3	Asteraceae	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	100	3,012	0.0230	-3.7728	-0.0867
4	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	975	29,368	0.2241	-1.4955	-0.3352

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
5	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	1,125	33,886	0.2586	-1.3524	-0.3498
6	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	1,600	48,194	0.3678	-1.0002	-0.3679
7	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	25	753	0.0057	-5.1591	-0.0296
7	Total			4,350	131,027	1	-	-1.5079
I. Shannon H								1.5079
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								1.9459
Equitatividad (J) H/H' max =								0.7749
ESTRATO CACTÁCEAS Y EPÍFITAS								
1	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	20	602	0.0071	-4.9416	-0.0353
2	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	30	904	0.0107	-4.5362	-0.0486
3	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	15	452	0.0054	-5.2293	-0.0280
4	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	5	151	0.0018	-6.3279	-0.0113
5	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	175	5,271	0.0625	-2.7726	-0.1733
6	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	160	4,819	0.0571	-2.8622	-0.1636
7	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	70	2,108	0.0250	-3.6889	-0.0922
8	Cactaceae	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	135	4,066	0.0482	-3.0321	-0.1462
9	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	2,190	65,965	0.7821	-0.2457	-0.1922
9	Total			2,800	84,339	1	-	-0.8907
I. Shannon H								0.8907
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.1972
Equitatividad (J) H/H' max =								0.4054
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	392,500	11,822,532	0.8307	-0.1855	-0.1541
2	Apiaceae	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	7,500	225,908	0.0159	-4.1431	-0.0658
3	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	10,000	301,211	0.0212	-3.8555	-0.0816
4	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	10,000	301,211	0.0212	-3.8555	-0.0816
5	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	52,500	1,581,358	0.1111	-2.1972	-0.2441
5	Total			472,500	14,232,220	1	-	-0.6272
I. Shannon H								0.6272
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								1.6094
Equitatividad (J) H/H' max =								0.3897

MC y Vsa/MC en el SAR

En el SAR, se registraron valores de diversidad entre H=1.0878 (estrato herbáceo) y H=1.8915 (estrato de cactáceas y epífitas) dentro de la vegetación primaria de MC (Tabla IV.31); y entre H=1.5236 (estrato de cactáceas y epífitas) y H=2.3263 (estrato arbóreo) en el caso de la vegetación secundaria (Vsa/MC) (Tabla IV.32). Los valores de diversidad obtenidos para todos los

estratos y ambos estados sucesionales quedaron por debajo de su diversidad máxima esperada (H'_{max}) que en todos los casos fue inferior a 3, apuntando a que el área de análisis refleja una diversidad florística media a baja y un grado de perturbación medio en el SAR, de acuerdo con la clasificación antes descrita. Por último, los valores de equidad oscilaron entre $J = 0.4017$ (estrato de cactáceas y epífitas) y $J = 0.6676$ (estrato herbáceo) para la vegetación primaria de MC; y entre $J = 0.6415$ (para el estrato herbáceo) y $J = 0.8390$ (estrato de cactáceas y epífitas) en la Vsa/MC, por lo que los valores más cercanos a 1 corresponden a la vegetación secundaria, indicando que en ésta se presenta una menor dominancia por un taxón en particular y por tanto es un poco más diversa (ANX.VIII.IV.6 Memoria de cálculo de diversidad de flora en el SAR).

Tabla IV.31 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en el MC del SAR

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
ESTRATO ARBÓREO								
1	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	65	2,494	0.1818	-1.7047	-0.3100
2	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	3	96	0.0070	-4.9628	-0.0347
3	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	158	6,043	0.4406	-0.8197	-0.3611
4	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	113	4,316	0.3147	-1.1562	-0.3638
5	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	15	576	0.0420	-3.1711	-0.1331
6	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Durazno	3	96	0.0070	-4.9628	-0.0347
7	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Pirul	3	96	0.0070	-4.9628	-0.0347
7	Total			358	13,717	1	-	-1.2721
I. Shannon H								1.2721
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								1.9459
Equitatividad (J) H/H' max =								0.6537
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Asteraceae	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	25	959	0.0046	-5.3730	-0.0249
2	Verbenaceae	<i>Aloysia macrostachya</i>	Vara dulce	125	4,796	0.0232	-3.7635	-0.0873
3	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	63	2,398	0.0116	-4.4567	-0.0517
4	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	288	11,031	0.0534	-2.9306	-0.1564
5	Asteraceae	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	88	3,357	0.0162	-4.1202	-0.0669
6	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	25	959	0.0046	-5.3730	-0.0249
7	Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	188	7,194	0.0348	-3.3581	-0.1169
8	Rhamnaceae	<i>Condalia mexicana</i>	Espino de capulín	75	2,878	0.0139	-4.2743	-0.0595
9	Asteraceae	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Escobillo	13	480	0.0023	-6.0661	-0.0141
10	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	1,863	71,460	0.3457	-1.0622	-0.3672
11	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	2,338	89,685	0.4339	-0.8350	-0.3623
12	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	113	4,316	0.0209	-3.8689	-0.0808
13	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	188	7,194	0.0348	-3.3581	-0.1169
13	Total			5,388	206,707	1	-	-1.5298

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
							I. Shannon H	1.5298
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	2.5649
							Equitatividad (J) H/H' max =	0.5964
ESTRATO CACTÁCEAS Y EPÍFITAS								
1	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero	13	480	0.0033	-5.7210	-0.0187
2	Asparagaceae	<i>Agave mapisaga</i>	Maguey manso	33	1,247	0.0085	-4.7655	-0.0406
3	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	8	288	0.0020	-6.2318	-0.0123
4	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	58	2,206	0.0151	-4.1949	-0.0632
5	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	5	192	0.0013	-6.6373	-0.0087
6	Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	28	1,055	0.0072	-4.9325	-0.0356
7	Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	5	192	0.0013	-6.6373	-0.0087
8	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	8	288	0.0020	-6.2318	-0.0123
9	Cactaceae	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	5	192	0.0013	-6.6373	-0.0087
10	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	35	1,343	0.0092	-4.6913	-0.0430
11	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	358	13,717	0.0937	-2.3676	-0.2219
12	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	460	17,649	0.1206	-2.1155	-0.2551
13	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	103	3,933	0.0269	-3.6168	-0.0972
14	Cactaceae	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	10	384	0.0026	-5.9441	-0.0156
15	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	2,690	103,210	0.7051	-0.3494	-0.2464
15	Total			3,815	146,374	1	-	-1.0878
							I. Shannon H	1.0878
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	2.7081
							Equitatividad (J) H/H' max =	0.4017
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	192,500	7,385,821	0.4984	-0.6964	-0.3471
2	Fabaceae	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Astragalus	23,750	911,238	0.0615	-2.7889	-0.1715
3	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	2,500	95,920	0.0065	-5.0402	-0.0326
4	Poaceae	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita	7,500	287,759	0.0194	-3.9416	-0.0765
5	Fabaceae	<i>Dalea foliolosa</i>	Almaraduz	7,500	287,759	0.0194	-3.9416	-0.0765
6	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	17,500	671,438	0.0453	-3.0943	-0.1402
7	Geraniaceae	<i>Geranium seemanii</i>	Geranio	1,250	47,960	0.0032	-5.7333	-0.0186
8	Amaranthaceae	<i>Guilleminea densa</i>	Bola de hilo	8,750	335,719	0.0227	-3.7874	-0.0858
9	Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>	Jarilla	1,250	47,960	0.0032	-5.7333	-0.0186
10	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	40,000	1,534,716	0.1036	-2.2676	-0.2348
11	Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>	Tumbavaqueros	11,250	431,639	0.0291	-3.5361	-0.1030

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
12	Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	Espinocilla	2,500	95,920	0.0065	-5.0402	-0.0326
13	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	15,000	575,519	0.0388	-3.2484	-0.1262
14	Lamiaceae	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	6,250	239,799	0.0162	-4.1239	-0.0667
15	Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Pera	21,250	815,318	0.0550	-2.9001	-0.1596
16	Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i>	Flor pata de gallo	26,250	1,007,157	0.0680	-2.6888	-0.1827
17	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	1,250	47,960	0.0032	-5.7333	-0.0186
17	Total			386,250	14,819,601	1	-	-1.8915
							I. Shannon H	1.8915
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	2.8332
							Equitatividad (J) H/H' max =	0.6676

Tabla IV.32 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para los cuatro estratos definidos en la Vsa/MC del SAR

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (Vsa/MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
ESTRATO ARBÓREO								
1	Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache chino	65	1,581	0.3333	-1.0986	-0.3662
2	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	53	1,277	0.2692	-1.3122	-0.3533
3	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	48	1,156	0.2436	-1.4123	-0.3440
4	Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero	18	426	0.0897	-2.4108	-0.2164
5	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	3	61	0.0128	-4.3567	-0.0559
6	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i>	Teocote	5	122	0.0256	-3.6636	-0.0939
7	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	5	122	0.0256	-3.6636	-0.0939
7	Total			195	4,744	1	-	-1.5236
							I. Shannon H	1.5236
							Máxima diversidad del ecosistema H' max =	1.9459
							Equitatividad (J) H/H' max =	0.7830
ESTRATO ARBUSTIVO								
1	Asteraceae	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	38	912	0.0056	-5.1799	-0.0292
2	Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i>	Algodoncillo	325	7,907	0.0488	-3.0204	-0.1473
3	Asteraceae	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	263	6,387	0.0394	-3.2340	-0.1274
4	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Trompetilla	438	10,644	0.0657	-2.7232	-0.1788
5	Asteraceae	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	25	608	0.0038	-5.5854	-0.0210
6	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	Sayolisco	100	2,433	0.0150	-4.1991	-0.0630
7	Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	88	2,129	0.0131	-4.3326	-0.0569
8	Asteraceae	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	163	3,954	0.0244	-3.7136	-0.0906
9	Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i>	Tlaxistle	13	304	0.0019	-6.2785	-0.0118
10	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	2,613	63,562	0.3921	-0.9362	-0.3671
11	Asteraceae	<i>Senecio salignus</i>	Azomiate	13	304	0.0019	-6.2785	-0.0118

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (Vsa/MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
12	Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	1,338	32,541	0.2008	-1.6057	-0.3223
13	Asteraceae	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	463	11,253	0.0694	-2.6676	-0.1852
14	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>	Hierba blanca	788	19,160	0.1182	-2.1354	-0.2524
14	Total			6,663	162,098	1	-	-1.8648
I. Shannon H								1.8648
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.6391
Equitatividad (J) H/H' max =								0.7066
ESTRATO CACTÁCEAS Y EPÍFITAS								
1	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i>	Maguey pulquero	120	2,920	0.0742	-2.6011	-0.1930
2	Asphodelaceae	<i>Aloe vera</i>	Sábila	65	1,581	0.0402	-3.2142	-0.1292
3	Cactaceae	<i>Coryphantha elephantidens</i>	Biznaga partida peluda	90	2,190	0.0556	-2.8888	-0.1607
4	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	20	487	0.0124	-4.3929	-0.0543
5	Crassulaceae	<i>Echeveria paniculata var. maculata</i>	Echeveria	103	2,494	0.0634	-2.7588	-0.1748
6	Cactaceae	<i>Ferocactus recurvus</i>	Biznaga de barril	30	730	0.0185	-3.9874	-0.0740
7	Cactaceae	<i>Mammillaria crinita</i>	Biznaga de espinas pubescentes	5	122	0.0031	-5.7792	-0.0179
8	Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i>	Biznaga de espina solitaria	5	122	0.0031	-5.7792	-0.0179
9	Cactaceae	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga ganchuda	65	1,581	0.0402	-3.2142	-0.1292
10	Cactaceae	<i>Opuntia hyptiacantha</i>	Nopal cascarón	68	1,642	0.0417	-3.1765	-0.1326
11	Cactaceae	<i>Opuntia lasiacantha</i>	Nopal de espinas lacias	30	730	0.0185	-3.9874	-0.0740
12	Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	485	11,800	0.2998	-1.2045	-0.3612
13	Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	175	4,258	0.1082	-2.2239	-0.2406
14	Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i>	Nopal chamacuelo	123	2,980	0.0757	-2.5805	-0.1954
15	Cactaceae	<i>Stenocactus obvallatus</i>	Biznaga Ondulada Tepexcomitle	235	5,718	0.1453	-1.9291	-0.2803
16	Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Gallitos	40	973	0.0247	-3.6998	-0.0915
16	Total			1,658	39,354	1	-	-2.3263
I. Shannon H								2.3263
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.7726
Equitatividad (J) H/H' max =								0.8390
ESTRATO HERBÁCEO								
1	Poaceae	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	302,500	7,359,795	0.5149	-0.6638	-0.3418
2	Fabaceae	<i>Astragalus guatemalensis</i>	Astragalus	45,000	1,094,846	0.0766	-2.5692	-0.1968
3	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i>	Helecho	5,000	121,650	0.0085	-4.7664	-0.0406
4	Fabaceae	<i>Dalea prostrata</i>	Escobilla	40,000	973,196	0.0681	-2.6870	-0.1829
5	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	6,250	152,062	0.0106	-4.5433	-0.0483
6	Poaceae	<i>Eragrostis pectinacea</i>	Eragrostis	6,250	152,062	0.0106	-4.5433	-0.0483
7	Apiaceae	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	1,250	30,412	0.0021	-6.1527	-0.0131
8	Amaranthaceae	<i>Guilleminea densa</i>	Bola de hilo	12,500	304,124	0.0213	-3.8501	-0.0819

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (V _{sa} /MC)								
ID	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ind/ha	n	p(i) = n/N	LN p(i)	p(i)*LN p(i)
9	Poaceae	<i>Hilaria cenchroides</i>	Espiga negra	15,000	364,949	0.0255	-3.6678	-0.0936
10	Polemoniaceae	<i>Loeselia coerulea</i>	Espinocilla	6,250	152,062	0.0106	-4.5433	-0.0483
11	Poaceae	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Gramma	1,250	30,412	0.0021	-6.1527	-0.0131
12	Oxalidaceae	<i>Oxalis decaphylla</i>	Acederilla	1,250	30,412	0.0021	-6.1527	-0.0131
13	Poaceae	<i>Poa annua</i>	Zacate azul	15,000	364,949	0.0255	-3.6678	-0.0936
14	Acanthaceae	<i>Ruellia lactea</i>	Ruellia	8,750	212,887	0.0149	-4.2068	-0.0627
15	Lamiaceae	<i>Salvia helianthemifolia</i>	Salvia	28,750	699,485	0.0489	-3.0172	-0.1477
16	Commelinaceae	<i>Tinantia erecta</i>	Flor pata de gallo	61,250	1,490,206	0.1043	-2.2609	-0.2357
17	Crassulaceae	<i>Villadia misera</i>	Villadia	31,250	760,309	0.0532	-2.9339	-0.1561
17	Total			587,500	14,293,816	1	-	-1.8176
I. Shannon H								1.8176
Máxima diversidad del ecosistema H' max =								2.8332
Equitatividad (J) H/H' max =								0.6415

El estudio de una comunidad vegetal de manera aislada resulta difícil de interpretar, razón por la cual se requiere llevar a cabo la comparación con un área de referencia similar a la zona de interés que en el caso de este estudio corresponden al AeP y el SAR entre sí, por lo que el análisis del índice de diversidad de Shannon-Wiener fue aplicado para ambas áreas muestreadas y sobre los mismos estratos y comunidades vegetales, a fin de guardar la representatividad que permita hacer dicha comparación.

En este sentido, los valores comparativos de riqueza específica (s), diversidad de Shannon (H'), equitatividad (J') e IVI se retoman en la Tabla IV.33, a partir de los cuales puede concluirse que el AeP exhibe valores de diversidad inferiores a los obtenidos en el SAR, principalmente porque posee una menor riqueza específica en todos los estratos; sin embargo, a nivel de estructura, el área forestal presente en el AeP y el SAR resultan semejantes al presentar varias similitudes en las especies con mayor índice de valor de importancia, siendo un indicativo de que las especies que más contribuyen a otorgar el carácter y estructura del ecosistema de matorral crasicaule tanto en estado primario como secundario de sucesión ecológica, se presentan en ambas áreas (AeP y SAR) y por ende guardan semejanza. De manera que, de ejecutarse el desarrollo del proyecto, no se estará interviniendo sobre un área mejor conservada con respecto a la superficie forestal de su entorno.

Asimismo, al igual que en el SAR, en el AeP no hay diferencias sustanciales en la composición y estructura de la diversidad entre la vegetación de matorral crasicaule en estado primario y secundario de sucesión ecológica, aunque la primera registro una mayor riqueza específica, lo anterior considerando que la vegetación secundaria corresponde a un estado avanzado de sucesión, toda vez que ya presenta los estratos arbustivo y arbóreo bien definidos y el establecimiento de especies intermedias y bien adaptadas a este tipo de matorral xerófilo,

mismas que además cuentan con índices de valor de importancia elevados, lo que evidencia el éxito en la resiliencia de este ecosistema. No obstante, lo anterior, también se identificaron especies indicadoras de perturbación (señaladas en la Tabla IV.68 del apartado IV.4) tanto en la vegetación primaria como secundaria, respaldando los bajos valores de diversidad obtenidos, que denotan un cierto grado de disturbio incluso en el estado primario de sucesión ecológica, debido principalmente a las actividades antrópicas como el pastoreo y la agricultura que han reducido la vegetación forestal a fragmentos aislados.

Tabla IV.33 Análisis comparativo de diversidad de vegetación (SAR vs AeP)

	(S)	(H')	(J')	Mayor IVI		(S)	(H')	(J')	Mayor IVI
AeP									
Estrato	MC					Vsa/MC			
Arbóreo	3	0.878	0.799	<i>Acacia schaffneri</i>		4	1.272	0.654	<i>A. schaffneri/ Eysenhardtia polystachya</i>
Arbustivo	8	1.524	0.733	<i>Tagetes lucida</i>		7	1.530	0.596	<i>Viguiera linearis</i>
Cactáceas y epífitas	14	0.445	0.169	<i>Tillandsia recurvata</i>		9	1.088	0.402	<i>Tillandsia recurvata</i>
Herbáceas	9	1.526	0.694	<i>Aegopogon tenellus</i>		5	1.892	0.668	<i>Aegopogon tenellus</i>
SAR									
Estrato	MC					Vsa/MC			
Arbóreo	7	1.272	0.654	<i>Eysenhardtia polystachya</i>		7	1.524	0.783	<i>Acacia schaffneri</i>
Arbustivo	13	1.530	0.596	<i>Tagetes lucida</i>		14	1.865	0.707	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>
Cactáceas y epífitas	15	1.088	0.402	<i>Tillandsia recurvata</i>		16	2.326	0.839	<i>Opuntia robusta</i>
Herbáceas	17	1.892	0.668	<i>Aegopogon tenellus</i>		17	1.818	0.642	<i>Aegopogon tenellus</i>

Adicional a lo anterior, en virtud de entender la estructura y estado de conservación del matorral crasicaule del área de estudio, se indagó con fines comparativos, los valores de diversidad (índice de Shannon) obtenidos en otros estudios para el mismo tipo de vegetación y en alguna región cercana, que fungirán como un parámetro general.

En este sentido, en el estudio de Monroy y Ramírez (2018)²⁸, donde se calculó la diversidad de Shannon-Wiener para la vegetación en diferentes estados sucesionales del matorral xerófilo en el Valle del Mezquital, Hidalgo, dentro de los cuales se incluye el matorral crasicaule, se obtuvo un índice de diversidad de *Shannon promedio de H' = 1.7 para la vegetación secundaria*^{XIV} y de *H' = 1.9 para la vegetación primaria*^{XV}. En este contexto, los valores bibliográficos

^{XIV} Se tomó como referencia equivalente a la vegetación secundaria arbustiva, a la "etapa de sucesión II de especies intermedias tempranas" determinada así en el estudio señalado.

^{XV} Se tomó como referencia equivalente a la vegetación primaria, a la "etapa de sucesión IV de especies maduras" determinada así en el estudio señalado.

de referencia presentan valores promedio dentro de los rangos obtenidos en este estudio, correspondiendo a los valores que caracterizan a las zonas áridas, pero a su vez confirmando que en general el MC del área del proyecto, su SAR y zonas cercanas, partiendo de los resultados obtenidos en este estudio y de las referencias bibliográficas, presenta una diversidad media a baja y un moderado estado de conservación.

IV.3.2.2 Fauna

De acuerdo con Jorgensen (2005)²⁹, la calidad ambiental del SAR se encuentra determinada, entre otros factores por la riqueza, estructura y diversidad faunística; en este sentido, el acercamiento al estatus que guarda este factor ambiental es fundamental para determinar el grado de conservación que mantiene y las fuentes de deterioro que les están afectando, lo cual constituye una base que permite determinar el grado de integridad funcional del ecosistema.

Es posible determinar el estado que presenta la fauna en un sitio mediante tres procedimientos:

- ☑ *Recopilación bibliográfica*: realiza la recopilación y análisis de documentos técnicos y científicos que reporten, entre otros rubros, la distribución natural de las especies en el área de interés y la descripción del hábitat y el nicho de las especies reportadas.

A diferencia de estudios de campo puntuales y acotados a un momento del año en particular, existen herramientas bibliográficas, tales como colecciones científicas, tesis especializadas, libros, revistas científicas y, recientemente, programas informáticos que permiten tener un registro histórico del factor ambiental a caracterizar.

- ☑ *Inventario en campo*: es un estudio que consiste en el levantamiento de información, directamente en campo, el cual, idóneamente debe abarcar varios ciclos anuales que superen las condiciones variables propias de las características climatológicas de cada anualidad y, por lo tanto, que ofrezca certidumbre estadística respecto a la fiabilidad de los resultados.
- ☑ *Estudio combinado*: se trata de la combinación de ambos estudios, restringiendo la amplitud del estudio de campo e incrementando el esfuerzo de recopilación y análisis de información técnica y científica publicada en fuentes formales.

Por lo que, con la finalidad de cumplir con el alcance del presente estudio, el análisis para determinar la riqueza faunística se utilizó un estudio combinado. Los resultados que se esperan mediante la recopilación, monitoreo y análisis de la información van a permitir obtener conclusiones respecto a la distribución de los grupos de vertebrados, así como su estado de conservación, su diversidad asociada a los diferentes tipos de asociaciones vegetales que caracterizan el SAR, su vulnerabilidad, endemismos, además de la identificación de especies

potenciales que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) y la UICN; con la finalidad de poder deducir precisiones respecto a su presencia potencial en el SAR.

Además, la información fue corroborada en campo mediante muestreos específicos para cada grupo de vertebrados estudiado, obteniendo como resultado conclusiones respecto a la calidad del SAR en el cual se pretende establecer el proyecto.

Marco de referencia nacional

En la actualidad, las tendencias relacionadas con el estudio de la diversidad biológica contemplan tres niveles: el genético, que involucra la diversidad de genes, alelos y proteínas; el específico, que se circunscribe en la cuantificación del número total de especies y endemismos; y el de ecosistemas, que contempla las interacciones intraespecíficas, y aquellas con elementos abióticos (Boero, 2010)³⁰.

Entre los países latinoamericanos considerados como megadiversos se encuentra México, junto con Brasil, Colombia y Perú (Lamoreaux *et al.*, 2006)³¹; ya que se ha estimado que alberga aproximadamente el 10% de la diversidad biológica mundial. La singularidad de la diversidad de las especies mexicanas radica no sólo en el número de taxones sino a su exclusividad o endemismo (Leroux y Schmiegelow, 2007³²; Velasco de León *et al.*, 2007³³).

Uno de los factores que podría influir en la alta biodiversidad del país es su posición entre la zona de transición de las regiones biogeográficas neártica y neotropical; lo que implica una variedad de climas, rangos altitudinales, su orografía y tipos de vegetación. Sin embargo, la diversidad biológica no se distribuye de manera uniforme y se ha documentado que existen gradientes en los que se identifican sitios con mayor diversidad que otros, hecho que parece estar determinado por la latitud, la elevación y factores asociados como la precipitación, el tipo de suelo, entre otros (Arita, 1997)³⁴; aunque, una región que presente un alto número de especies no necesariamente va a poseer una alta cantidad de endemismos.

El territorio mexicano alberga áreas de mayor riqueza de especies y otras que poseen numerosos endemismos, las cuales varían por grupo taxonómico; tal es el caso del grupo de las aves, las cuales en la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia son las más ricas en número de especies, sin embargo, los bosques de pino-encino y el bosque mesófilo de montaña son las zonas que presentan más endemismos (Navarro *et al.*, 2014)³⁵; en el caso de los mamíferos, se reconoce que el Eje Neovolcánico Transversal es el sitio de mayor número de endemismos (Escalante *et al.*, 2009)³⁶ pero la ecorregión de bosques templados es la más rica en cuanto a número de especies totales (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014)³⁷.

Debido a la riqueza de especies que alberga México, es que se encuentra en el primer lugar en riqueza de reptiles, el tercero en mamíferos, quinto en anfibios y onceavo en aves (Ceballos *et al.* 2006)³⁸. Además, los porcentajes de especies endémicas que se reportan para el

país es alto, ya que se encuentra en el tercer lugar en vertebrados endémicos, después de Indonesia y Australia. Los porcentajes de endemismo se encuentran entre el 10.4 y 58.9%, mientras que otros países centroamericanos tienen valores entre 0.5 y 28.4%. La estimación de la riqueza faunística alcanza las 2,954 especies, considerando, además que el territorio es de menores dimensiones que Canadá, Estados Unidos y sus territorios (incluyendo las islas en otros continentes), países que en su conjunto albergan cerca de 2,187 especies.

México destaca más por el número total de especies y por los porcentajes de endemismo que hay en el país (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1994)³⁹. No obstante que, la distribución de los vertebrados terrestres no es homogénea en el territorio mexicano, toda vez que existen regiones con altas concentraciones de especies en general o de especies endémicas en particular (Ceballos *et al.* 2006).

Derivado de las condiciones fisiográficas del país, así como su extensión, permiten una gran variedad de fauna silvestre, aunque la actividad transformadora de la sociedad, aunada a los factores causantes de deterioro ecológico, en los últimos años ha afectado este recurso. La fauna silvestre es y ha sido uno de los elementos de gran importancia en el desarrollo de la humanidad.

Cabe mencionar que, si bien el grupo más abundante y diversificado del planeta es el de los invertebrados, existen diversos factores que complican el estudio de estos grupos taxonómicos, tal es el caso de la escala espacial de la distribución, como en el caso de los ácaros del suelo, el cual es muy reducido y presenta grandes variaciones a pequeñas escalas, por lo que resulta muy costoso y, en parte, inútil realizar muestreos representativos para áreas relativamente extensas; la estacionalidad, ya que determinadas especies tienen su etapa adulta (muchas veces la más visible), reducida a un periodo de tiempo muy corto, presentándose el resto del año como formas resistentes (huevos, larvas, entre otros), que resultan imposibles de clasificar para quien no es especialista en el tema. Los muestreos representan altas dificultades taxonómicas derivadas del conocimiento precario que existe en el territorio mexicano y existen dificultades para la clasificación de estos organismos.

Siendo las razones antes expuestas, las que permitieron determinar que los grupos faunísticos a considerar serán los de los vertebrados que, aunque las dificultades no son menores, la información sobre estos grupos taxonómicos es más amplia, por lo que pueden ser usados como indicadores de la estabilidad de una zona determinada. A continuación se abordan aspectos generales de los tres grupos faunísticos que serán abordados en el presente documento.

La diversidad herpetofaunística en México constituye uno de los elementos más importantes de la fauna del país. La diversidad que posee el grupo de los anfibios sitúa a México como el quinto país más diverso a nivel mundial, ya que poseen un grado de endemismo del 67% (252) de sus especies. Este grupo taxonómico se encuentra representado por 16 familias que

equivalen al 21.62% con respecto a la riqueza a nivel mundial, 54 géneros (9.87%) y 376 especies (5.23%; Parra-Olea, et al. 2014)⁴⁰.

Mientras que en el caso de los reptiles hay 864 especies, de las cuales 417 son lagartijas, 393 serpientes, 3 anfisbénidos, 3 cocodrilos y 48 tortugas. Estas especies se incluyen en 159 géneros y 40 familias, que representan el 8.7% de los reptiles del mundo. Además, el 57.1% de las especies son endémicas (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014)⁴¹.

Ahora bien, se estima que existen alrededor de 10,507 especies de aves en el mundo, de las cuales, en México se reportan entre 1,123 (AOU, 2013) y 1,150 (Gill y Donsker, 2013), que representa cerca del 11% del total mundial. Este porcentaje es mayor al que existe en Estados Unidos y Canadá en conjunto. Derivado de la diversidad avifaunística que existe en el territorio mexicano, lo coloca en el onceavo lugar entre los países megadiversos del mundo y en el cuarto en cuanto a la proporción de especies endémicas. De las categorías supraespecíficas de aves del mundo, en México se presentan 26 (65%) órdenes, 95 (41%) familias y 493 (22%) géneros (Navarro-Sigüenza, et al., 2014).

Finalmente, en cuanto a la biodiversidad de mamíferos México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005) y el segundo lugar en especies endémicas con 157 (28%). De acuerdo con diversos autores, existen 564 especies de mamíferos silvestres, lo que representa aproximadamente el 13% de la diversidad mundial; estas especies se encuentran distribuidas en 46 familias y 200 géneros (Sánchez-Cordero, et al., 2014). Sin embargo, el estado de conservación de este grupo indica que existen problemas ambientales severos, ya que 7 especies se han extinguido o desaparecido en el último siglo, y 295, que equivale al 52.3% del total, se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo (CONABIO y SEMARNAT, 2009)⁴².

Es por ello que la riqueza biológica no sólo es un valor en sí misma, sino que representa un recurso que debe protegerse debido a que se ve sometido a numerosas amenazas (Edwards y Abivardi, 1998)⁴³. Es innegable que el crecimiento poblacional en México y en el mundo genera demandas de infraestructura e insumos, por ello, en México y en el mundo, se reconocen como los principales factores que amenazan la riqueza y el endemismo de las especies al cambio de uso de suelo, la explotación no racional de los recursos naturales y al cambio climático.

Marco de referencia estatal

El estado de Hidalgo cuenta con una notable riqueza biológica que, sin embargo, se desconoce a detalle hasta el momento. De forma tradicional, las plantas y animales han sido considerados como conjuntos de especies sin relación, como organismos independientes que no requieren de una coexistencia para sobrevivir; idea completamente incorrecta y es causa de que la gente mate organismos sin conocer las consecuencias que acaecen en el componente florístico, ya que tanto las plantas como los animales dependen unos de otros (Aubry et al., 2003)⁴⁴.

Hidalgo es una de las entidades estatales más pequeñas de la República Mexicana. Derivado de su intrincada topografía, la entidad cuenta con una gran diversidad de ambientes, entre los que se incluyen manchones importantes de bosque mesófilo de montaña o bosque nublado, uno de los tipos de vegetación más amenazados en México.

Sin embargo, su cercanía con una de las ciudades más grandes del mundo, así como el crecimiento poblacional que el mismo estado ha experimentado en los últimos años ha causado un serio deterioro en la flora y fauna nativas. Gran parte de la superficie del estado está fuertemente afectada por actividades humanas como la tala de bosques, agricultura, ganadería y crecimiento de zonas urbanas. Más del 60% de la vegetación nativa se ha perdido para ceder su lugar a la vegetación secundaria, campos de cultivo o extensas áreas cubiertas de concreto. Aunado a la pérdida acelerada de biodiversidad biológica del estado, existe un vacío considerable en su conocimiento, especialmente de las clases de vertebrados como anfibios y reptiles. Los pocos trabajos que se han desarrollado sobre la biología, ecología y distribución de estas dos clases no son suficientemente accesibles para el público general, debido a que se encuentran dispersos o en la mayoría de los casos no han sido publicados y representan esfuerzos de colecta cuya única evidencia son los registros curatoriales de colecciones o museos que resguardan los especímenes colectados.

Debido a la gran diversidad de ambientes que posee el estado de Hidalgo se prevé que el número de anfibios y reptiles que habitan en él sea considerablemente grande. En la entidad se desarrollan especies de afinidades tropicales, templadas, desérticas, así como especies de características del bosque mesófilo de montaña. Algunas de estas especies han sido recientemente descritas, como la población de *Xenosaurus tzacualtipantecus* en la región de La Mojonera, municipio de Zacualtipán (Woolrich-Piña y Smith, 2012⁴⁵).

Las publicaciones herpetofaunísticas en la entidad son relativamente pocas. Martín del Campo (1935⁴⁶, 1936⁴⁷, 1937⁴⁸) reportó la presencia de 22 especies; Smith y Taylor (1945⁴⁹, 1950⁵⁰) añadieron 54 especies, incrementando el listado a 76 especies; Lemos y Dixon (2016⁵¹) reportan 175 especies para la entidad.

Los registros ornitológicos en el estado de Hidalgo son relativamente escasos (Rodríguez-Yáñez et al. 1994⁵²); no obstante, en los últimos años se han documentado nuevos registros de especies en el estado a raíz de una intensificación en los estudios en campo (Eitniear et al. 2000⁵³; Rojas-Soto et al. 2002a⁵⁴; González-García et al. 2004⁵⁵; Martínez-Morales 2001⁵⁶, 2004⁵⁷, 2007⁵⁸; Sánchez-González y López de Aquino 2006⁵⁹; Valencia-Herverth et al. 2008⁶⁰, 2009⁶¹, 2010⁶²; Valencia-Herverth y Valencia-Herverth 2009⁶³).

Los primeros estudios realizados en la entidad incluyen revisiones taxonómicas (Brodkorb 1944⁶⁴, Wetmore 1948⁶⁵, Parkes 1954a⁶⁶, 1954b⁶⁷, Browning 1989⁶⁸), listados o nuevos registros de especies, tal es el caso de los trabajos realizados por Martín del Campo (1936⁶⁹, 1937⁷⁰) en el Valle del Mezquital; Sutton y Burleigh (1940a⁷¹, 1940b⁷²) en Jacala y Chapulhuacán;

Amadon y Phillips (1947⁷³) en Zimapán y Jacala; Mengel y Warner (1948⁷⁴) en Zimapán; Cantú (1953⁷⁵) en la vega de Metztlán; Newman (1954⁷⁶) en Omitlán; Arellano y Rojas (1956⁷⁷) cuyo estudio se enfocó en las aves acuáticas; Gallina et al. (1974⁷⁸), que trabajaron en el Parque Nacional El Chico; Bjelland y Ray (1977⁷⁹) quienes elaboraron el primer listado parcial del estado usando datos de aves colectadas; Sánchez Mejorada (1978⁸⁰) quien reportó 90 especies de aves para la Barranca de Metztlán durante un estudio botánico. Pichardo (1987⁸¹) que estudió la avifauna de Alfajayucan; Mancilla (1988⁸²) determinó la presencia de 163 especies de aves en la región Zacualtipán-Zoquizoquipan San Juan Metztlán. Howell y Webb (1992⁸³) y Navarro et al. (1992⁸⁴) reportan la avifauna de los bosques mesófilos de montaña de Tlanchinol; Ramírez et al. (1994⁸⁵) hacen el primer registro para el estado de *Gavia immer* en la Laguna de Metztlán; Rojas-Soto et al. (2002⁸⁶) reportan 14 nuevos registros de especies para el norte del estado (Jacala, Chapulhuacán, Tepehuacán y Pisaflores), y Martínez-Morales (2004⁸⁷) y Sánchez-González y López (2006⁸⁸) reportan nuevos registros de especies en los bosques mesófilos de Hidalgo.

Otros trabajos realizados recientemente, además de incluir listados de especies, incluyen aspectos biológicos y ecológicos de la avifauna estatal. Como es el caso del trabajo de Sibley y West (1958⁸⁹) quienes analizaron la hibridación entre *Pipilo maculaus* y *P. ocai* en el centro de México. Los trabajos realizados por Hernández-Baños et al. (1995⁹⁰) y Navarro et al. (2004⁹¹) analizan los patrones biogeográficos de la avifauna de los bosques montanos, así como de la Sierra Madre Oriental, incluyendo diversas localidades del norte de Hidalgo. Recientemente, de la Barrera (2006⁹²), con información recopilada, analizó los patrones biogeográficos de la distribución de especies de aves en todo el estado. Martínez-Morales (2001⁹³, 2005a⁹⁴, 2005b⁹⁵) analizó la respuesta de comunidades de aves a la fragmentación del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo. La construcción de la Central Hidroeléctrica Zimapán dio lugar a varios estudios para evaluar el impacto ambiental de dicha construcción, de los cuales derivaron reportes de nuevos registros de especies para el estado (Anaya et al. 1996⁹⁶, González-García et al. 2004⁹⁷). Asimismo, Arregui (2005⁹⁸), Mauricio (2005⁹⁹) y Martínez-García (2006¹⁰⁰) estudiaron la relación entre la disponibilidad de néctar y la actividad de colibríes en diversas escalas espaciales y temporales; Ortiz-Pulido y Martínez García (2006¹⁰¹) reportan datos de anidación de *Calothorax lucifer*, y Cervantes-Cornihs (2006¹⁰²) evaluó la depredación de nidos artificiales en bordes agrícolas en el Valle del Mezquital.

Posterior a la publicación del capítulo “Hidalgo” del libro “Avifaunas estatales de México” se generó un importante impulso en los ornitólogos de campo por cubrir los vacíos de información detectados (Mendiola-González y Ortiz-Pulido 2007¹⁰³; Valencia-Herverth et al. 2008¹⁰⁴, 2009¹⁰⁵, 2010¹⁰⁶; Valencia-Herverth y Valencia-Herverth 2009¹⁰⁷); aunque, esto no necesariamente implica que se haya completado el inventario avifaunístico del estado (Rojas-Soto et al. 2002¹⁰⁸), ya que muchos de los estudios se han realizado en áreas relativamente accesibles, aunado a que los patrones de distribución y abundancia de las especies cambian con el tiempo (Wiens 1989¹⁰⁹).

Valencia-Herverth et al., (2011)¹¹⁰ reportan 18 especies nuevas registradas en el estado, ocho de las cuales se encuentran asociadas a humedales y 5 utilizan normalmente bosques de ambientes tropicales. El listado ornitofaunístico consta de 490 especies (Martínez-Morales et al., 2007; Valencia-Herverth et al., 2011; Valencia-Herverth et al., 2012¹¹¹).

Mamíferos

Como en el caso de los taxa anteriores, la mastofauna del estado de Hidalgo es poco conocida. A nivel estatal se menciona que existen 175 publicaciones que abordan distintos aspectos de mamíferos silvestres hasta finales del siglo XX (Guevara et al. 2001¹¹²); la mayoría de las referencias son resultados de colectas que fueron efectuadas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Nelson 1904¹¹³; Martín del Campo 1936¹¹⁴; 1937¹¹⁵; Álvarez y Polaco 1980¹¹⁶), de forma reciente existen registro aislados (Cervantes et al. 2004¹¹⁷; Hernández-Flores et al. 2010¹¹⁸, 2013¹¹⁹; Becerra-García et al. 2012¹²⁰), estudios mastofaunísticos locales (Cervantes et al. 2002¹²¹; Hernández-Flores y Rojas Martínez 2010¹²²) y trabajos poblacionales (Sánchez-Rojas et al. 2009¹²³), por citar algunos ejemplos. No obstante que, los trabajos que aborden la mastofauna a nivel estatal son pocos (Sánchez-Rojas et al., 2016¹²⁴).

De acuerdo con Sánchez-Rojas et al. (2016), la riqueza mastofaunística del estado es de 143 especies, la cual se agrupa en 84 géneros, 24 familias y 9 órdenes, siendo los más diversos el orden Chiroptera y Rodentia. Aunque, este número asciende a 146 de acuerdo con Aguilar-López et al. (2015¹²⁵).

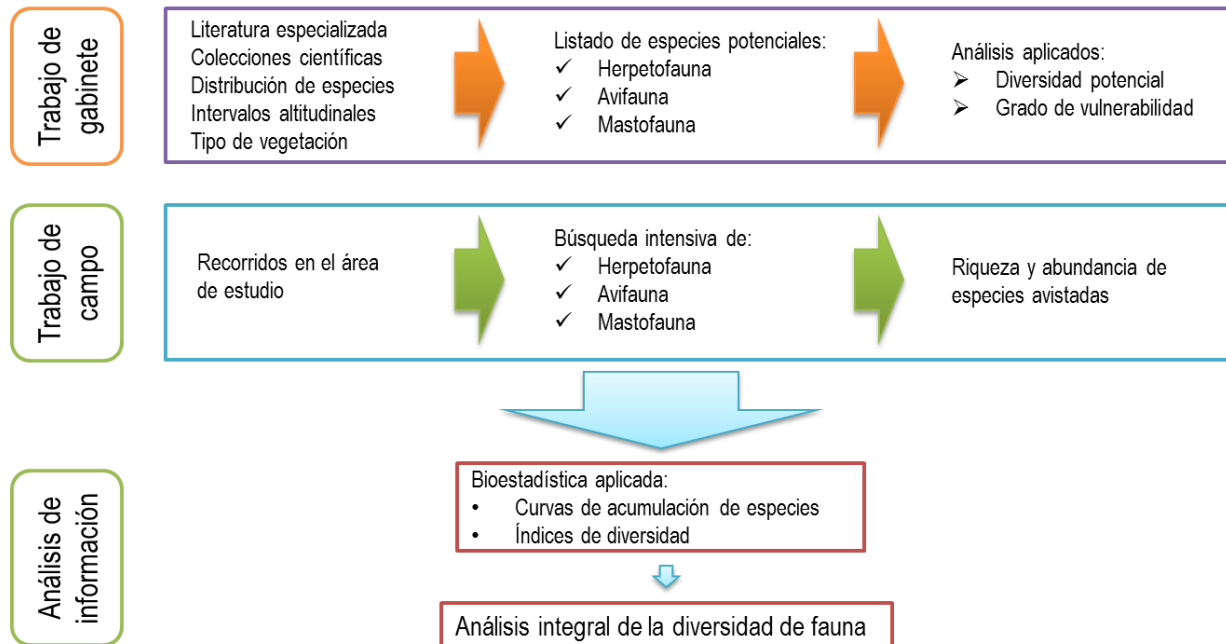
A. Metodología

Los inventarios biológicos son una herramienta fundamental para la toma de decisiones respecto a la conservación de la biodiversidad (Sánchez *et al.*, 2011¹²⁶), sin embargo, es importante incrementar el esfuerzo para tener acceso a información más detallada, tal como, conocer el estado de conservación global y nacional de la especie, conocer el ámbito general donde se ha inferido su distribución en el país, conocer su área de ocupación real, identificar los tipos de ecosistemas y hábitat en los que existe, los tipos de movimiento que suele efectuar y la extensión de los mismos e indagar, en la región donde se halla un predio, si la población local de la especie es solo parte de una unidad poblacional mayor, que entre otros aspectos, formaran un marco de referencia mínimo a considerar antes de la toma de decisiones.

Considerando que el espacio físico del SAR del proyecto se encuentra en el estado de Hidalgo, los objetivos del estudio se centran en conocer la fauna de éste, en acuerdo a los objetivos de la presente MIA-R. No obstante, el grupo de los peces queda excluido del presente reporte debido a la ausencia de cualquier tipo de cuerpo de agua, ríos o arroyos que pudieran albergar poblaciones de este grupo. Las poblaciones de invertebrados, si bien son importantes desde múltiples aspectos, la particularidad del proyecto no representa situaciones específicas de presión negativa, en virtud de la resiliencia de sus poblaciones, su amplia distribución y sus mecanismos homeostáticos para restaurar efectos negativos derivados de la acción del hombre.

En este sentido, la metodología para la caracterización de la fauna estuvo asentada básicamente en tres procedimientos (Figura IV.19).

Figura IV.19 Metodología para la caracterización de la fauna



El área que ocupa el SAR presenta una diversidad y abundancia de especies variables, que deriva principalmente del grado de fragmentación del ecosistema. En este espacio geográfico se identificaron dos tipos de vegetación: bosque de encino y matorral crasicaule, además de áreas con vegetación secundaria de estas comunidades vegetales; asimismo, se identificaron amplias extensiones de cultivos agrícolas y áreas cubiertas de pastizal inducido. Considerando que la vegetación forma parte inseparable del paisaje, el tipo de fauna estará en correlación directa con el tipo de vegetación, pues ésta dictará principalmente el ecosistema que pueden habitar los diferentes grupos de animales.

Por lo que la metodología para el estudio y caracterización de la fauna se llevó a cabo en tres etapas: la primera etapa fue el trabajo de gabinete, que consistió en la consulta de literatura y bases de datos especializadas para poder obtener así un listado de especies que pudieran estar potencialmente presentes dentro del SAR, este listado además servirá de apoyo en la segunda etapa que es el trabajo de campo; el cual consistió en muestreos. Una vez recabada esta información, se prosiguió a la tercer y última etapa: la interpretación de datos, que consistió en análisis estadísticos para conocer la diversidad y abundancia de cada uno de los grupos faunísticos.

Desarrollo de la metodología

Recopilación bibliográfica de la riqueza faunística potencial

Para determinar el listado potencial de anfibios, reptiles, aves y mamíferos en el área del proyecto, se obtuvo la distribución de las especies de vertebrados terrestres de las bases de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)¹²⁷ en formato Shapefile, seleccionando aquellas especies cuya distribución (completa o en parte) se sobrepusiera al SAR.

Debido a que las distribuciones de la UICN presentan inconsistencias especialmente en los límites de la distribución de especies que prefieren ciertos tipos de vegetación y/o se encuentran restringidas a ciertas altitudes, se revisó la siguiente información:

- Tipo de vegetación e intervalos altitudinales para anfibios y reptiles (Canseco-Márquez *et al.*, 2010), aves (Howell y Webb, 2005)¹²⁸ y mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005)¹²⁹.
- Registros en colecciones científicas (Global Biodiversity Information Facility)¹³⁰.
- Registros históricos (Hall, 1981)¹³¹.
- Publicaciones científicas.

Para el caso de la vegetación se utilizó la capa de uso de suelo y tipos de vegetación (INEGI, serie VI). La información fue visualizada mediante el programa ESRI® ArcMap™ 10.0.

Una vez verificada la posible presencia de las especies, se generó una lista ordenada sistemáticamente, siguiendo las clasificaciones de Frost (2011)¹³² para anfibios y Uetz (2012)¹³³ para reptiles, para aves se siguió la clasificación de American Ornithologists Union (1998)¹³⁴ considerando los últimos cambios conforme a los suplementos y artículos publicados, y para mamíferos se siguió la clasificación propuesta por Wilson y Reeder (2005)¹³⁵.

Los nombres comunes de los anfibios y reptiles fueron tomados de CONABIO (2009)¹³⁶, para aves de CONABIO (2009)¹³⁷ y para mamíferos de Villa y Cervantes (2003)¹³⁸.

Finalmente, a partir de la lista de las especies se determinaron las especies que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la lista roja de la UICN.

Respecto de la distribución geográfica de las especies se consideraron como Endémicas a México (E), aquellas especies cuya distribución se restringe a los límites geográficos del país; en el caso de las aves se consideró como especies Cuasiendémicas (CE) a las que presentan una distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km² y las Semiendémicas (SE),

como las endémicas al país o una región durante una época del año (González-García y Gómez de Silva, 2003)¹³⁹.

Además, para cada especie se obtuvo información que podría determinar si son especies vulnerables, para lo cual se consideró la información presentada por la UICN para determinar la tendencia poblacional de las especies, considerando cuatro clasificaciones, que son:

- Incremento.
- Estable.
- En decremento.
- Desconocido.

La categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010:

Probablemente extinta en el medio silvestre (E): Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

En peligro de extinción (P): Especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Amenazadas (A): Especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

La categoría de protección de acuerdo con la lista roja de la UICN (Figura IV.20):

Extinto (EX): Un taxón está *Extinto* cuando no queda duda alguna que el último individuo ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

Extinto en Estado Silvestre (EW): Un taxón está *Extinto en Estado Silvestre* cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas

completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está *Extinto en estado silvestre* cuando exploraciones de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

En Peligro Crítico (CR): Un taxón está *En Peligro Crítico* cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E^{XVI}” para *En Peligro Crítico* y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.

Vulnerable (VU): Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

En Peligro (EN): Un taxón está *En Peligro* cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para *En Peligro*. Por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

Casi Amenazado (NT): Un taxón está en la categoría de *Casi Amenazado*, cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para *En Peligro Crítico*, *En Peligro* o *Vulnerable*, pero está cercano a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga en un futuro cercano.

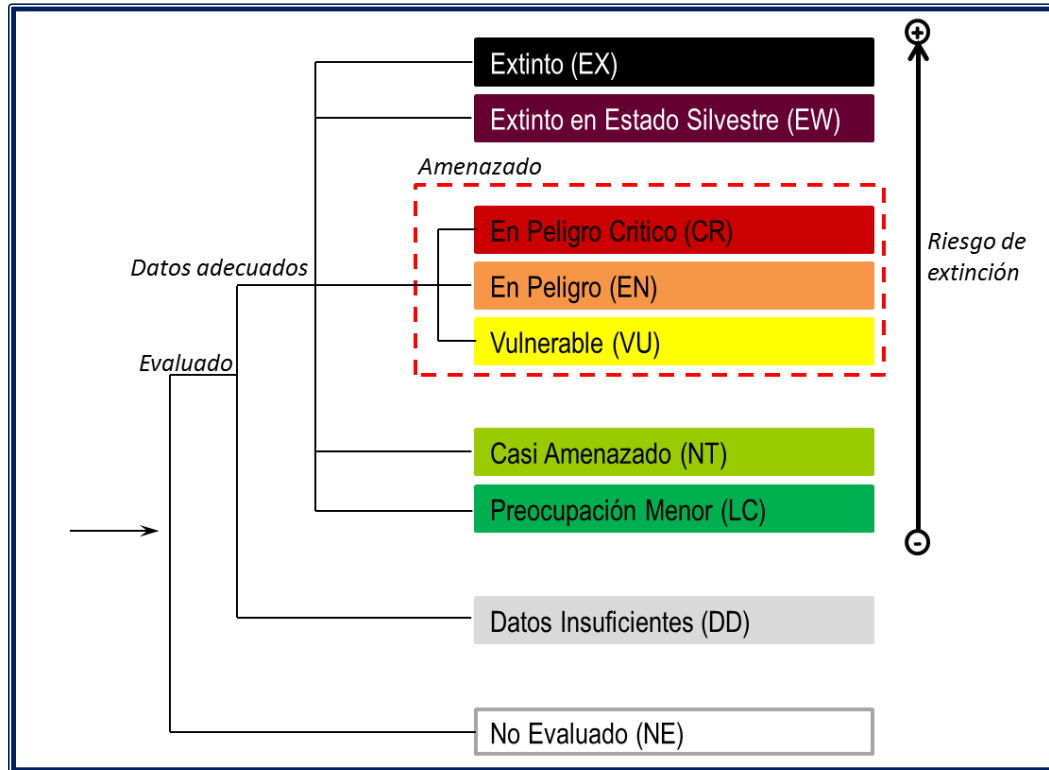
Preocupación Menor (LC): Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de *En Peligro Crítico*, *En Peligro*, *Vulnerable* o *Casi Amenazado*. Se incluyen en esta categoría taxa abundante y de amplia distribución.

Datos Insuficientes (DD): Un taxón pertenece a la categoría *Datos Insuficientes* cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada.

No Evaluado (NE): Un taxón se considera *No Evaluado* cuando todavía no ha sido clasificado en relación a los criterios anteriores.

^{XVI} A: Reducción del tamaño poblacional. B: Distribución geográfica representada como extensión de presencia (B1) y/o área de ocupación (B2). C: Pequeño tamaño de la población y disminución. D: Población muy pequeña o restringida. E. Análisis cuantitativo.

Figura IV.20 Estructura de las categorías



Monitoreo en campo para determinar la riqueza faunística

El trabajo de campo se llevó a cabo mediante una visita al sitio donde se pretende establecer el proyecto, durante los días del 9 al 12 de junio de 2020.

Durante el trabajo en campo se establecieron 5 transectos, en cada uno de los cuales se aplicó la metodología para buscar, registrar e identificar anfibios, reptiles, aves y mamíferos. En cada transecto se ratificó el tipo de vegetación y su ubicación, para lo cual se utilizó un GPS (Garmin, 60CSx) que permitió capturar las coordenadas en UTM (Tabla IV.34; Figura IV.21).

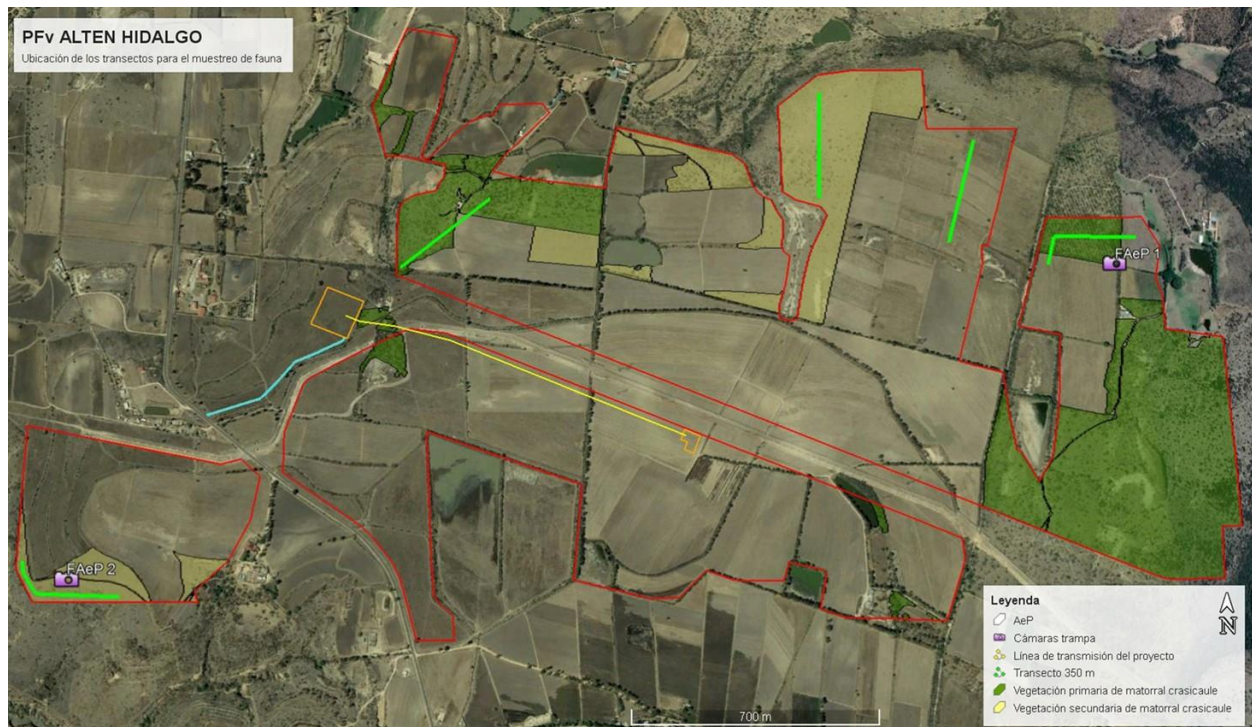
Tabla IV.34 Coordenadas de los puntos de muestreo de fauna

Transectos	Coordenadas	
	X	Y
1	417874	2240948
2	418638	2241936
3	419952	2242133

Transectos	Coordenadas	
	X	Y
4	420921	2242014
5	420443	2242332
1*	420827	2241903
2*	418090	2240982

* Corresponde a la ubicación de las cámaras trampa.

Figura IV.21 Ubicación de los puntos de muestreo del polígono del proyecto PSFv Hidalgo



Para la ubicación de los sitios de muestreo se consideraron las características del área de establecimiento del proyecto (AeP), los tipos de vegetación y usos de suelo, buscando en todo momento la representatividad de los ecosistemas existentes y que los resultados obtenidos fuesen representativos.

Ahora bien, para cada uno de los grupos taxonómicos se utilizó un método específico, considerando la biología y etología de cada grupo, a continuación, se describe cada una de ellas.

Anfibios y reptiles

El muestreo se realizó en los 5 transectos propuestos dentro del polígono establecido. Se realizó la captura directa de ejemplares, recorriendo los transectos. Para el caso de especies con actividad diurna, la búsqueda se llevó a cabo de 09:00 a 13:00 hrs y de 14:00 a 18:00 hrs removiendo piedras, troncos de árboles caídos, revisando todos aquellos sitios que

podieran fungir como refugios de ejemplares; para especies con actividad nocturna (anfibios), la colecta se realizó de las 19:00 a las 23:00 hrs (Vite-Silva et al., 2010)¹⁴⁰.

El manejo de los organismos hallados en campo fue de forma manual para anfibios, lagartijas y serpientes no venenosas, ya que se sostienen de la cabeza y miembros anteriores para no dañar al organismo y poder realizar la identificación; para serpientes venenosas se utilizó un gancho herpetológico inmovilizando la cabeza para su manipulación segura (Casas-Andreu, *et al.*, 1991)¹⁴¹.

Los ejemplares capturados fueron identificados *in situ* y se registraron sus datos morfométricos en un formato de campo, junto con los datos de fecha, hora, número de captura, nombre de la especie, tipo de vegetación y de microhábitat donde fue encontrado el individuo, así como la actividad que realizaba en el momento de ser capturados. Antes de ser liberados los individuos y después de su identificación, se registraron las coordenadas de ubicación con un GPS y el individuo fue fotografiado con una cámara réflex, con la finalidad de poder elaborar un archivo fotográfico de las especies.

Para la identificación de las especies se utilizó la “Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México” (Flores *et al.*, 1995)¹⁴², los organismos se identificaron a nivel de especie, para posteriormente ser liberados en el mismo sitio donde se les capturó (Figura IV.22).

Figura IV.22 Búsqueda, registro e identificación de reptiles



Aves

El muestreo se realizó, en 5 transectos propuestos. Se realizó un levantamiento fotográfico de las especies de aves diurnas avistadas. Para obtener la información de la valoración de riqueza, abundancia y diversidad se empleó el método de censo en puntos de radio fijo de 25

metros (Hutto *et al.* 1986)¹⁴³. Este método fue escogido ya que presenta resolución fina para cuantificar la abundancia y diversidad de aves tanto residentes como migratorias. También permite realizar comparaciones entre diferentes hábitats y correlacionar los resultados de la diversidad (Moore *et al.* 2005)¹⁴⁴. Además, este método tiene el mayor espectro de observación de aves, tanto en el plano vertical como horizontal (Ugalde-Lezama, 2009)¹⁴⁵.

El método consistió en visitar los 5 transectos en las horas de mayor actividad de las aves (entre las 8:30 a 16:30 h) y realizar observaciones en dirección a cada punto cardinal por cinco minutos, el tiempo de observación total por punto fue de 20 minutos. El registro de los individuos durante el conteo se realizó con una cámara Canon Rebel T3 y un teleobjetivo de 75-300 mm de alta definición (Figura IV.23).

Figura IV.23 Búsqueda, registro e identificación de especies de aves



De forma adicional, durante los traslados entre cada punto, se buscaron rastros, como plumas, con la finalidad de complementar la búsqueda y registro de especies. Las especies observadas y los rastros encontrados fueron identificados con ayuda de las guías de campo de Ber Van Perlo (2006)¹⁴⁶, Howell & Webb (2010) y Scott and McFarland (2010)¹⁴⁷.

Para la elaboración de las listas de especies se siguió el arreglo taxonómico de la American Ornithologists' Union (1998)¹⁴⁸, en cuanto a orden, familia, género y especie, actualizado a la fecha con los suplementos. A cada especie se le asignó el nombre común en español de acuerdo con el Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México (Navarro y Gordillo, 2006)¹⁴⁹.

Respecto de la distribución geográfica de las especies se consideraron como Endémicas a México (E), aquellas especies cuya distribución se restringe a los límites geográficos del país; las Cuasiendémicas (CE), las que presentan una distribución fuera de México no mayor a

los 35,000 km² y las Semiendemicas (SE), como las endémicas al país o una región durante una época del año (González-García y Gómez de Silva, 2003)¹⁵⁰.

Estas categorías se establecieron con base a “Handbook of the Birds of the World Alive” (HBW)¹⁵¹ y “The IUCN Red List of Threatened Species”¹⁵², quienes reconocen las siguientes categorías: Residente permanente (R), Visitante de Invierno en época de no reproducción (VI), Visitante en época reproductiva (VER), Accidental (A) y Transitoria (T).

La información de los hábitos alimenticios de las especies de aves se tomó con base a “Handbook of the Birds of the World Alive” (HBW) disponible en línea. Por último, la actividad de las especies corresponde a los hábitos de cada una de ellas.

Mamíferos terrestres

Como en el caso de los otros grupos, el muestreo de mamíferos se llevó a cabo en los cinco transectos establecidos. Se aplicaron metodologías para mamíferos terrestres.

1. Mamíferos terrestres

Se utilizaron métodos directos e indirectos (

Figura IV.24), tal como se detalla a continuación:

Trampas Sherman de captura viva (para mamíferos pequeños): Se colocó una línea de 10 trampas Sherman por punto de muestreo, separadas 10 metros entre trampa y trampa. Las trampas fueron cebadas con avena en hojuela humedecida con vainilla, ya que este aroma funciona como atrayente y la avena proporciona alimento a los individuos capturados hasta el momento que son liberados para evitar su muerte. Las trampas Sherman, fueron colocadas al atardecer (entre 5:30 y 7:00 PM) y recogidas en la mañana (de 7:00 a 9:00 AM), a razón de que los mamíferos terrestres tienen rangos de actividad cortos de día y la mayoría son de hábitos nocturnos y crepusculares.

El método de captura viva con trampas Sherman es no invasivo y permite obtener vivo al organismo para su correcta identificación. Su eficiencia de captura es alta para medir riquezas y abundancia de especies (Santos, *et al.* 2006)¹⁵³.

Los mamíferos capturados fueron extraídos en bolsas de manta para su manipulación e identificación. La identificación taxonómica de los ejemplares colectados se realizó *in situ* tomando sus medidas somáticas y con ayuda de la clave para la identificación de “Los Mamíferos de México” (Villa y Cervantes, 2003)¹⁵⁴, después de ser identificadas las especies, los ejemplares fueron fotografiados y liberados.

Cámaras-trampa (Fototrampeo): se colocaron dos cámaras-trampa (SUNLUXY Ltl-5210A 12 MP) al atardecer en el AeP. Se colocaron a una altura de 60 cm del nivel del suelo en árboles, para lo cual, el área de proyección fue limpiada, con el fin de evitar que el movimiento de las herbáceas, ramas u hojas pudieran activar los sensores de movimiento. Además, el objetivo

fue orientado en dirección sur, para poder evitar que la salida o puesta del sol llegue a activar el sensor foto-sensible. Frente a cada cámara se colocó a una distancia de 10 m del lente, un cebo de doble propósito, el cual consistió en avena de hojuela remojada en vainilla para atraer mamíferos omnívoros o herbívoros y sardina para los mamíferos carnívoros u omnívoros.

Cada cámara-trampa, antes de ser colocada, fue configurada para que por cada evento de movimiento o calor detectado tomará una fotografía a intervalos de 10 segundos, al igual que registrara en cada toma la fecha, hora y temperatura. Las trampas se recogieron en la mañana para extraer la información.

El uso de cámaras-trampa para el estudio de mamíferos grandes y medianos es una herramienta confiable y no invasiva (Monroy, *et al.* 2010)¹⁵⁵, ya que proveen ciertas ventajas en comparación con otros métodos, como el trampeo directo, debido a que se pueden estudiar especies con bajas densidades y difíciles de capturar (Heilbrun, *et al.* 2006)¹⁵⁶. Además de la abundancia, este método también da estimados más precisos de la riqueza, diversidad, variación espacio temporal y patrones de actividad de las especies. Otra ventaja está dada por la identificación exacta de la mayoría de los organismos (Karanth *et al.* 2004)¹⁵⁷, aunado a que es posible obtener registros de especies con la mínima perturbación al no capturar a los organismos y los muestreos pueden cubrir extensas áreas con un mínimo esfuerzo personal (Botello, *et al.* 2007)¹⁵⁸. Las imágenes que se obtuvieron fueron identificadas mediante la comparación con fotos de la Colección de Foto Colectas Biológicas del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Figura IV.24 Búsqueda, registro e identificación de especies de mamíferos



Identificación de rastros y huellas: Se recorrieron los transectos con la finalidad de detectar huellas, excretas y otros rastros (esqueletos, desecho de la alimentación de mamíferos) para la identificación indirecta de individuos durante un lapso de 6 horas por día por

transecto. Esta técnica permite detectar y determinar la presencia de algunas especies, así como inferir el uso del hábitat y alimentación (Aranda, 2012¹⁵⁹; Painter, *et al.* 1999¹⁶⁰). Las huellas y excretas registradas se identificaron con la ayuda de las guías: “Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México” (Aranda, 2012) y “Mammals Tracks and Sign” (Elbroch, 2003)¹⁶¹. Los indicios localizados fueron georreferenciados y fotografiados.

Una vez que se registraron e identificaron las especies de mamíferos, se elaboraron los listados de especies de acuerdo con la nomenclatura taxonómica, siguiendo el arreglo de “Mammals species of the world” (Wilson & Reeder, 2005)¹⁶², en cuanto a orden, familia, género y especie; así mismo, se asignó el nombre común de acuerdo con CONABIO.

Análisis de información

Para evaluar la eficiencia del muestreo, así como estimar la riqueza de especies presentes en el AeP, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa EstimateS ver. 9.1.0 (Colwell, 2016)¹⁶³. Esta función utiliza varios estimadores no paramétricos; dos se basaron en la Abundancia (ACE y Chao 1) y cinco se basaron en Ausencia-Presencia (ICE, Jack 1, Jack 2, Bootstrap y Chao 2). Estos estimadores no paramétricos se describen en el cuadro de riqueza de especies observadas y estimadas (Figura IV.25).

Las curvas de acumulación de especies representan gráficamente el análisis de los métodos de estimación con base en la riqueza de especies registradas en campo y el esfuerzo de muestreo aplicado, para inferir en la posible riqueza y la eficiencia del muestreo (en porcentajes) en los transectos y el tiempo en el que se llevó a cabo el muestreo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006¹⁶⁴; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003¹⁶⁵). Los métodos de estimación usan la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la asíntota de la curva (línea continua en el plano con respecto a la “x”). Este análisis se realizó con la información obtenida de los censos en los transectos.

El análisis de cada grupo taxonómico se realizó con la información obtenida del censo en los puntos de muestreo y transectos. Con propósitos comparativos se muestra el valor de S_{obs} Mao Tao (curva color negro) que muestra el número de especies registradas en la operación de campo por transecto, así mismo, la interpretación de los resultados está en función a las especies esperadas y la eficiencia del muestreo aplicado.

Figura IV.25 Riqueza de especies observada y estimada

Riqueza de especies observada y estimada	
<p>S_{obs} es el número total de especies observadas en una muestra o en un conjunto de muestras.</p> <p>S_{est} es el número de especies estimado en el ensamblaje total a partir de una muestra o de un conjunto de muestras.</p> <p>Datos de abundancia. Donde f_k es el número de representados exactamente por k individuos en una sola muestra. Así, f_0 es el número de especies no detectadas (especies presentes en el ensamblaje pero no incluidas en la muestra); f_1, es el número de especies singletons (especies representadas por un individuo); f_2, es el número de especies doubletons (especies representadas por dos individuos), etc. El número total de individuos en una muestra es:</p> $n = \sum_{k=1}^{S_{obs}} f_k$ <p>Datos de incidencia. Donde q_k es el número de especies presentes exactamente por k muestras de un conjunto de muestras de incidencia (presencia de especies). Así, q_0 es el número de especies no detectadas (especies presentes en el ensamblaje pero no incluidas en la muestra); q_1, es el número de especies únicas (especies registradas dos veces en la muestra), etc. El número total de muestras es:</p> $m = \sum_{k=1}^{S_{obs}} q_k$ <p>ACE (para datos de abundancia)</p> <p>Es el número de especies raras en la muestra (especies registradas con 10 o menos individuos).</p> <p>S_{abund} = $\sum_{k=1}^{S_{obs}} f_k$ Es la abundancia de las especies en la muestra con más de 10 individuos.</p> <p>n_{rare} = $\sum_{k=1}^{10} k f_k$ Es el número total de individuos de las especies raras.</p> <p>La cobertura de muestra estimada, es decir, la porción de todos los individuos de las especies raras que no son singletons:</p> $C_{ACE} = 1 - \frac{f_1}{n_{rare}}$ <p>Por lo tanto, el estimador ACE de la riqueza de especies es</p> $S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} + \frac{f_1}{C_{ACE}} \gamma_{ACE}^2$ <p>Donde γ_{ACE}^2 es el coeficiente de variación,</p> $\gamma_{ACE}^2 = \max \left[\frac{S_{rare} \sum_{k=1}^{10} k(k-1) f_k}{C_{ACE} (n_{rare})(n_{rare} - 1)} - 1, 0 \right]$	<p>ICE (para datos de incidencia)</p> <p>S_{infr} $\sum_{k=1}^{10} q_k$ Es el número de especies infrecuentes en la muestra (especies registradas en 10 o menos muestras).</p> <p>S_{freq} $\sum_{k=1}^{S_{obs}} q_k$ Es el número de especies frecuentes en la muestra (especies registradas en más de 10 muestras).</p> <p>n_{infr} $\sum_{k=1}^{10} k q_k$ Es el número total de incidencias de las especies infrecuentes.</p> <p>ICE (para datos de incidencia)</p> <p>La cobertura de muestra estimada, es decir, la porción de todas las incidencias de las especies que no son únicas:</p> $C_{ICE} = 1 - \frac{q_1}{n_{infr}}$ <p>Por lo tanto, el estimador ICE de la riqueza de especies es:</p> $C_{ICE} = S_{freq} + \frac{S_{infr}}{C_{ICE}} + \frac{q_1}{C_{ICE}} \gamma_{ICE}^2$ <p>Donde γ_{ACE}^2 es el coeficiente de variación,</p> $\gamma_{ACE}^2 = \max \left[\frac{S_{rare} \sum_{k=1}^{10} k(k-1) f_k}{C_{ACE} (n_{rare})(n_{rare} - 1)} - 1, 0 \right]$ <p>Jacknife (para datos de incidencia)</p> <p>Estimador Jacknife de primer orden</p> $S_{jack1} = S_{obs} + q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right)$ <p>Estimador Jacknife de segundo orden</p> $S_{jack2} = S_{obs} + \left[\frac{q_1(2m-3)}{m} - \frac{q_2(m-2)^2}{m(m-1)} \right]$ <p>Bootstrap (para datos de incidencia)</p> $Bootstrap = S_{obs} + \sum (1-p_j)^{S_{obs}}$ <p>Donde p_j: Es la porción de unidades muestrales que contienen a cada especie j</p> <p>Chao 1 (para datos de abundancia)</p> <p>La formula corregida para el estimador Chao 1 cuando $f_2=0$ (cuando no hay especies doubletons)</p> $S_{chao1} = S_{obs} + \frac{f_1(f_1-1)}{2(f_2+1)}$ <p>Chao 2 (para datos de incidencia)</p> <p>La formula corregida para el estimador Chao 2 cuando q_2 (cuando no hay especies duplicadas)</p> $S_{chao2} = S_{obs} + \left(\frac{m-1}{m} \right) \frac{q_1(q_1-1)}{2(q_2+1)}$

Diversidad alfa

Se empleó el programa **Spade** para obtener los índices de diversidad a partir de los datos de riqueza y abundancia de las especies obtenidas de campo. A partir de técnicas de remuestreo se calculan los intervalos de confianza al 95% para cada índice estimado. Es decir, con los datos de las especies que conforman la muestra obtenida en campo, cuál sería la variación esperada si se añadieran más muestras al azar del mismo tamaño, considerando el conjunto de especies total en el AeP (la sumatoria de los transectos), lo que permite tener el valor del índice de diversidad dentro de un rango (límite inferior y superior) con un nivel de significancia estadística al 95% (Chao y Shen, 2010¹⁶⁶; Colwell, 2013; Colwell y Elsensohn, 2014¹⁶⁷).

Índices para calcular diversidad alfa

Dada la importancia de la diversidad de especies y su cambio en relación con las actividades humanas (Moreno *et al.*, 2011)¹⁶⁸, en la evaluación de la diversidad se utilizan tres aproximaciones, la primera corresponde a un concepto claro y de fácil uso: la riqueza de especies (S), en la segunda aproximación se utilizan dos índices de uso común y de larga tradición en ecología de comunidades: Índice de Shannon e Índice de Simpson, pero que presentan problemas de interpretación o de significado biológico por las unidades en que está dado el valor de los índices, principalmente en el índice de Shannon, ya que mide el grado de entropía o incertidumbre, y actualmente ambos índices son muy criticados por la falta de duplicación matemática necesaria al momento de comparar la magnitud de cambio en dos o más sitios, una propiedad intuitiva esperada bajo el concepto de diversidad (Jost, 2006¹⁶⁹; Moreno *et al.*, 2011). Para explicar esta propiedad se tiene el siguiente ejemplo:

En un **bosque1** la comunidad A (estrato arbóreo) tiene 50 especies y en la comunidad B (sotobosque) también hay 50 especies, todas las especies con las mismas abundancias, pero ninguna especie se comparte entre ellas, es decir cada sitio (A y B) tiene 50 especies exclusivas. Tenemos otro bosque, **bosque2** pero que debido a alteraciones antrópicas tiene solo la comunidad A (estrato arbóreo) con 50 especies.

La propiedad de duplicación se refiere a poder aseverar matemáticamente que, al comparar los dos tipos de bosque, en el **bosque1** la diversidad (A+B) es doblemente más diversa que en el **bosque2** (A). Esta propiedad de duplicación es la que carecen los índices tradicionales como Shannon y Simpson y que no es muy práctico al momento de comparar magnitudes de cambio de diversidad al comparar varios sitios (Chao y Jost, 2012)¹⁷⁰. De lo anterior surge la tercera aproximación en la medición de la diversidad en este trabajo, la propuesta de medir la diversidad bajo unidades intuitivas de diversidad biológica, es decir, en número de especies, a lo que se le denomina *números efectivos de especies* (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011) y que ha tenido un impacto creciente pues su cálculo ya ha sido incorporado a las versiones recientes de los programas computacionales más usados como **EstimateS ver. 9.1.0** y **Spade**, así como su incorporación a las revisiones conceptuales más recientes sobre diversidad de especies. Incluso

Ellison (2010)¹⁷¹, en el papel de editor de la revista *Ecology*, concluye “...Si el interés se centra en describir la diversidad de un ensamblaje, entonces los números efectivos de especies deben ser medidas de diversidad elegidas, no la entropía” (Moreno *et al.*, 2011). Bajo el marco de esta última aproximación usamos las transformaciones de los índices tradicionales de Shannon y Simpson a *números efectivos de especies* (¹D): exponencial de Shannon e inverso de Simpson respectivamente (Jost, 2006, Moreno *et al.*, 2011). Cabe mencionar que los cinco índices utilizados bajo las diferentes aproximaciones se presentan con sus respectivos intervalos de confianza al 95% para fines de comparación estadísticamente significativa.

Descripción de cada índice de diversidad

Riqueza de especies. Medida únicamente como el número de especies en el sitio (S).

Índice de Shannon. Mide el grado promedio de entropía o incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra, de manera que para la interpretación biológica del índice se dice que, a mayor incertidumbre, mayor diversidad biológica y a valores menores de incertidumbre, la diversidad es menor, aunque es uno de los índices más usados es muy sensible al tamaño de muestra (Magurran, 2004¹⁷²; Moreno *et al.*, 2011).

$$H' = - \sum p_i * \ln(p_i)$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

\ln = Logaritmo natural de la abundancia proporcional p_i

Índice de Simpson. Este índice mide la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos organismos que pertenezcan a la misma especie (Magurran, 2004).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Exponencial de Shannon. Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte fácilmente al expresar el valor obtenido por el índice tradicional de Shannon utilizando logaritmo natural en el exponencial (exp) (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011) y todas las especies son incluidas considerando su abundancia proporcional (¹D)

$${}^1D = \exp(H')$$

El inverso de Simpson. Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte al expresar el valor obtenido en el índice de Simpson, en su inverso. Es un índice que considera o es más sensible a las especies comunes (2D):

$$^2D = 1 - \lambda \text{ o } ^2D = 1 - \lambda$$

Para utilizar el número efectivo de especies, se añade la magnitud de cambio en la diversidad al momento de comparar las secciones de estudio, esta magnitud de cambio se realiza siguiendo la propuesta de Moreno *et al.*, (2011) donde, además de comparar estadísticamente la diversidad por medio de intervalos de confianza se compara directamente qué tan diferente es la diversidad entre comunidades de la siguiente manera: si una comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad A tendrá D_A/D_B veces más diversidad que la comunidad B. Otra manera de expresar la diferencia en la magnitud de la diversidad es a través de una proporción, si la comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad B tendrá solamente un porcentaje $(D_B \times 100) / D_A$ de la diversidad que tiene la comunidad A.

B. Resultados del trabajo de gabinete

De cada grupo taxonómico se conformó un listado de especies potenciales^{XVII}. En cada apartado se describe la riqueza potencial, las especies que se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 o la Lista Roja de la UICN, su distribución geográfica (endemismo) y las tendencias poblacionales de acuerdo a la UICN. En el caso de las aves y murciélagos, se agrega información de la estacionalidad.

Con relación a la información anterior, el tipo de fauna presente en el SAR estará en correlación directa con el tipo de vegetación, pues ésta dictará principalmente el ecosistema que pueden habitar los diferentes grupos de animales. La diversidad de las especies es variable y deriva principalmente del grado de fragmentación del ecosistema y los tipos de vegetación que están presentes en él. Los tipos de vegetación predominantes en el SAR son: bosque de encino, matorral crasicaule, pastizal inducido, vegetación secundaria de bosque de encino y de matorral crasicaule.

Por lo anterior y de acuerdo a las condiciones que se presentan en el área de establecimiento del proyecto bajo evaluación (AeP), la presencia de fauna en tiempo y espacio dependerá de factores físicos y biológicos por lo que uno de los factores que determina la presencia de tal o cual especie es definitivamente la vegetación. En este sentido, y al hecho de que en el polígono del AeP únicamente se reportan áreas con matorral crasicaule, vegetación secundaria de matorral crasicaule y pastizal inducido, con grandes extensiones de áreas agrícolas,

^{XVII} Considerando que la distribución potencial hace alusión a las áreas que tienen condiciones ambientales muy similares a los sitios donde se encuentran las especies y que tienen muy altas probabilidades de estar ocupadas por estas (Gámez Pastrana, 2011).

por lo que la naturaleza del proyecto no prevé ocasionar daños a las comunidades de fauna silvestre presentes que ocasionen el detrimento de las poblaciones.

Dado el impacto de las prácticas agrícolas sobre la vida silvestre, los agroecosistemas generalmente tienen una menor riqueza de especies que los ecosistemas naturales (Moguel y Toledo 1999¹⁷³). Entre estos impactos se incluyen la perturbación y pérdida de hábitat, menor cantidad y calidad del agua, la toxicidad por pesticidas, además de la disminución de la heterogeneidad del paisaje por la reducción de la vegetación nativa remanente (Tilman et al. 2002¹⁷⁴, Tschardt et al. 2005¹⁷⁵).

Anfibios y reptiles potencialmente presentes en el SAR

A partir del resultado de la investigación documental y de la consulta de mapas de distribución potencial de las especies que brinda la plataforma digital EncicloVida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se elaboró un listado taxonómico de las especies de anfibios y reptiles que potencialmente pudieran estar reportadas dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

Anfibios: a partir de la recopilación de información bibliográfica se estimó la presencia potencial de 11 especies, las cuales se encuentran agrupadas taxonómicamente en 2 órdenes y 7 familias. El orden con mayor representación de especies es Anura, con 6 familias, seguida de Caudata con solo una familia. La familia Hylidae y Ranidae presentan la mayor riqueza al registrar tres especies cada una.

De estas 11 especies de presencia potencial en el SAR, seis se encuentran catalogadas bajo algún régimen de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (54.5% del total estimado), cinco de ellas en la categoría de sujeta a protección especial (Pr) y la rana leopardo neovolcánica (*Lithobates neovolcanicus*) en la categoría de amenazada (A). En lo que respecta a la distribución, 7 especies (63.6%) son endémicas. De acuerdo a la información proporcionada por la IUCN, la tendencia poblacional de las especies potenciales para el SAR se encontró que, 7 especies (63.6%) tienen poblaciones Estables, 3 especies (27.3%) tienen su tendencia poblacional en decremento y la tendencia poblacional del ajolote del altiplano es desconocida (9.1%; Tabla IV.35).

Tabla IV.35 Anfibios potencialmente presentes en el SAR

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	End	NOM-059	IUCN	TEND. POB.
Caudata	Ambystomatidae	<i>Ambystoma velasci</i>	Ajolote del altiplano	E	Pr	LC	Desconocida
Anura	Bufonidae	<i>Incilius occidentalis</i>	Sapo de los pinos	E	SC	LC	Estable
	Craugastoridae	<i>Craugastor augusti</i>	Rana ladradora amarilla	-	SC	LC	Estable
	Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	Rana chirrionera orejona	E	Pr	VU	Estable
	Hylidae	<i>Dryophytes arenicolor</i>	Rana de árbol color arena	-	SC	LC	Estable
		<i>Dryophytes eximius</i>	Rana de árbol de montaña	E	SC	LC	Estable
		<i>Sarcohyala bistrincta</i>	Rana-de árbol de pliegue-mexicana	E	Pr	LC	Decremento
	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana leopardo	-	Pr	LC	Estable
		<i>Lithobates montezumae</i>	Rana leopardo de Moctezuma	E	Pr	LC	Decremento
		<i>Lithobates neovolcanicus</i>	Rana leopardo neovolcánica	E	A	NT	Decremento
Scaphiopodidae	<i>Spea multiplicata</i>	Sapo montícola de espuela	-	SC	LC	Estable	

Reptiles: la información recopilada reconoce la presencia potencial de 36 especies agrupadas taxonómicamente en dos órdenes y 10 familias. La familia Colubridae presenta la mayor riqueza de especies al registrar 11, seguida de la familia Phrynosomatidae con 8 especies y la familia Viperidae con 7 especies (Tabla IV.36).

De este conjunto, en la NOM-059-SEMARNAT-2010 aparecen 20 especies (55.5%): 10 especies (27.8%) están bajo la categoría de amenazadas (A) y las otras 10 (27.8%) se encuentran en la categoría de sujeta a protección especial (Pr). En cuanto a la distribución de las especies potenciales, 19 son consideradas como endémicas. Además, considerando la información proporcionada por el libro rojo de la IUCN en relación a la tendencia poblacional de las especies, 27 de ellas presentan una tendencia poblacional estable (75%), cuatro especies se encuentran en decremento (11.1%) y de las 5 especies restantes se desconoce la tendencia poblacional (13.9%; Tabla IV.36).

Tabla IV.36 Reptiles potencialmente presentes en el SAR

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	End.	NOM-059	IUCN	Tend. Pob.
Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon hirtipes</i>	Tortuga pecho quebrado pata rugosa	-	Pr	LC	Decremento
		<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga pecho quebrado mexicana	E	Pr	LC	Estable
Squamata	Anguidae	<i>Barisia imbricata</i>	Lagarto alicante de las montañas	E	Pr	LC	Desconocida
	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón de montaña	E	A	LC	Estable
		<i>Sceloporus aeneus</i>	Lagartija espinosa llanera	E	SC	LC	Estable
		<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija espinosa del mezquite	-	Pr	LC	Estable
		<i>Sceloporus minor</i>	Lagartija espinosa menor	E	SC	LC	Desconocida
		<i>Sceloporus mucronatus</i>	Lagartija espinosa de grieta	E	SC	LC	Estable
		<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija espinosa de pastizal	-	SC	LC	Estable
		<i>Sceloporus spinosus</i>	Lagartija espinosa mexicana	E	SC	LC	Estable
		<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija espinosa de collar	E	SC	LC	Estable
		Teiidae	<i>Aspidocheilichthys gularis</i>	Huico pinto del noreste	-	SC	LC
	Colubridae	<i>Conopsis lineata</i>	Culebra terrestre del centro	E	SC	LC	Estable
		<i>Conopsis nasus</i>	Culebra gris nariz de pala	E	SC	LC	Estable
		<i>Lampropeltis ruthveni</i>	Falsa coralillo real de Ruthven	E	A	NT	Decremento
		<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falsa coralillo real oriental estadounidense	-	A	LC	Estable
		<i>Masticophis flagellum</i>	Culebra chirrionera roja	-	A	LC	Estable
		<i>Masticophis mentovarius</i>	Culebra chirriadora neotropical	-	SC	LC	Desconocida
		<i>Pituophis deppei</i>	Alicante	E	A	LC	Estable
		<i>Salvadora bairdi</i>	Culebra chata mexicana	E	Pr	LC	Estable
		<i>Senticolis triaspis</i>	Culebra ratonera	-	SC	LC	Estable
		<i>Tantilla rubra</i>	Culebra cabeza negra	-	Pr	LC	Desconocida
		<i>Trimorphodon tau</i>	Falsa nauyaca mexicana	E	SC	LC	Estable
	Dipsadidae	<i>Diadophis punctatus</i>	Culebra de collar	-	SC	LC	Estable
	Elapidae	<i>Micrurus tener</i>	Serpiente coralillo arlequín	-	SC	LC	Estable
Leptotyphlopidae	<i>Rena dulcis</i>	Culebrilla ciega texana	-	SC	LC	Desconocida	
Natricidae	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra lineada de bosque	-	A	LC	Estable	
	<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de agua nómada mexicana	-	A	LC	Estable	
	<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de agua de panza negra	E	A	EN	Decremento	
Viperidae	<i>Crotalus aquilus</i>	Cascabel obscura de Querétaro	E	Pr	LC	Decremento	
	<i>Crotalus atrox</i>	Cascabel de diamantes	-	Pr	LC	Estable	
	<i>Crotalus intermedius</i>	Cascabel enana	E	A	LC	Estable	
	<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	-	Pr	LC	Estable	
	<i>Crotalus ravus</i>	Cascabel pigmea mexicana	E	A	LC	Estable	
	<i>Crotalus scutulatus</i>	Cascabel del Altiplano	-	Pr	LC	Estable	
	<i>Crotalus triseriatus</i>	Cascabel transvolcánica	E	SC	LC	Estable	

Aves: A partir del resultado de la investigación documental en el área de interés, y de la consulta de mapas de distribución potencial de las especies de aves que brinda la plataforma digital EncicloVida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se elaboró el listado taxonómico de las especies potenciales de aves que pudieran estar reportadas dentro del Sistema Ambiental del área del proyecto.

El listado potencial expone la presencia potencial de 184 especies agrupadas taxonómicamente en 18 órdenes y 45 familias. El orden que presenta el mayor número de especies es Passeriformes seguido de Charadriiformes, mientras que los órdenes Cathartiformes y Trogoniformes presentan la menor riqueza de especies. Las familias que presentan un mayor número de especies son: Passerellidae, Icteridae, Anatidae y Tyrannidae; finalmente las familias que presentan solo una especie son: Laridae, Recurvirostridae, Aegithalidae, Alaudidae, Furnariidae, Laniidae, Paridae, Regulidae, Sittidae, Pelecanidae, Threskiornithidae y Tytonidae (Tabla IV.37).

De las especies potenciales, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, trece de ellas se encuentran en los listados de dicho documento, tres en la categoría de amenazadas (A) y diez sujetas a protección especial (Pr). En relación a la distribución geográfica cuatro especies están catalogadas como endémicas, tres como cuasiendémicas y doce como semiendémicas (Tabla IV.37).

En relación a la información de tendencia poblacional que proporciona el libro rojo de la IUCN, 53 especies presentan una tendencia poblacional estable (28.6%), 56 especies se encuentran en aumento (30.3%), 67 especies presentan poblaciones en decremento (36.2%) y de las nueve especies restantes se desconoce la tendencia poblacional (4.9%; ANX.VIII.IV.7).

Tabla IV.37 Aves potencialmente presentes en el SAR

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	END.	NOM-059	IUCN
Galliformes	Odontophoridae	Colinus virginianus	Codorniz cotuí	-	SC	NT
Galliformes	Odontophoridae	Cyrtonyx montezumae	Codorniz de Moctezuma	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Accipiter striatus	Gavilán pecho canela	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Accipiter cooperii	Gavilán de Cooper	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Parabuteo unicinctus	Aguililla rojinegra	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Buteo lineatus	Aguililla pecho rojo	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Buteo regalis	Aguililla real	-	Pr	LC
Accipitriformes	Accipitridae	Aquila chrysaetos	Águila real	-	A	LC
Falconiformes	Falconidae	Falco peregrinus	Halcón peregrino	-	Pr	LC
Falconiformes	Falconidae	Falco mexicanus	Halcón mexicano	-	A	LC
Gruiformes	Rallidae	Rallus limicola	Rascón cara gris	-	A	LC
Strigiformes	Strigidae	Psiloscops flammeolus	Tecolote ojos oscuros	SE	SC	LC
Strigiformes	Strigidae	Micrathene whitneyi	Tecolote enano	SE	SC	LC
Strigiformes	Strigidae	Asio flammeus	Búho sabanero	-	Pr	LC
Apodiformes	Trochilidae	Cyanthus latirostris	Colibrí pico ancho	SE	SC	LC

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	END.	NOM-059	IUCN
Apodiformes	Trochilidae	Lampornis clemenciae	Colibrí garganta azul	SE	SC	LC
Apodiformes	Trochilidae	Calothorax lucifer	Colibrí lucifer	SE	SC	LC
Apodiformes	Trochilidae	Selasphorus platycercus	Zumbador cola ancha	SE	SC	LC
Passeriformes	Furnariidae	Lepidocolaptes leucogaster	Trepatroncos mexicano	E	SC	LC
Passeriformes	Tyrannidae	Empidonax wrightii	Papamoscas bajacolina	SE	SC	LC
Passeriformes	Tyrannidae	Empidonax affinis	Papamoscas pinero	CE	SC	LC
Passeriformes	Tyrannidae	Tyrannus vociferans	Tirano chibíú	SE	SC	LC
Passeriformes	Laniidae	Lanius ludovicianus	Verdugo americano	-	SC	NT
Passeriformes	Turdidae	Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	-	Pr	LC
Passeriformes	Parulidae	Basileuterus rufifrons	Chipe gorra canela	CE	SC	LC
Passeriformes	Passerellidae	Atlapetes pileatus	Rascador gorra canela	E	SC	LC
Passeriformes	Passerellidae	Oriturus superciliosus	Zacatonero serrano	E	SC	LC
Passeriformes	Passerellidae	Spizella pallida	Gorrión pálido	SE	SC	LC
Passeriformes	Passerellidae	Junco phaeonotus	Junco Ojos de Lumbre	CE	SC	LC
Passeriformes	Cardinalidae	Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	SE	SC	LC
Passeriformes	Icteridae	Icterus bullockii	Calandria cejas naranjas	SE	SC	LC
Passeriformes	Icteridae	Icterus abeillei	Calandria flancos negros	E	SC	LC
Passeriformes	Icteridae	Icterus parisorum	Calandria tunera	SE	SC	LC
Pelecaniformes	Ardeidae	Ixobrychus exilis	Avetoro menor	-	Pr	LC

Mamíferos: Los resultados del listado potencial, muestran que en los tipos de vegetación presentes en el SAR las especies de mamíferos se distribuyen 9 órdenes y 18 familias. El orden Chiroptera es el que presenta un mayor número de especies para el SAR, distribuidas en 4 familias (Molossidae, Mormoopidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae), seguido del orden Rodentia con 32 especies distribuidas en cuatro familias (Sciuridae, Geomyidae, Heteromyidae y Cricetidae). Por su parte, el orden Carnívora está representado por 11 especies distribuidas en cuatro familias (Canidae, Felidae, Mustelidae y Mephitidae).

De las 93 especies de mamíferos en el SAR, solo 4 se encuentran en la lista de la Norma Oficial 059-SEMARNAT-2010, 2 de estas con categoría A (amenazada) y 2 especies sujetas a protección especial (Pr). En relación a la distribución geográfica, 13 especies son endémicas; mientras que la tendencia poblacional de cinco especies se reporta en aumento, 55 especies mantienen poblaciones estables, de 13 especies presentan un decremento y de las 20 especies restantes se desconoce la tendencia de sus poblaciones (Tabla IV.38).

Tabla IV.38 Mamíferos potencialmente presentes en el SAR

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	END.	NOM-059	IUCN	TEND. POB.	
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache sureño	-	SC	LC	Estable	
		<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño	-	SC	LC	Aumento	
		<i>Marmosa mexicana</i>	Tlacuache ratón mexicano	-	SC	LC	Estable	
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas	-	SC	LC	Estable	
Pilosa	Cyclopedidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Tamandúa norteño	-	SC	LC	Desconocida	
Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis mexicana</i>	Musaraña orejillas mexicana	E	SC	LC	Decremento	
		<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña orejillas mínima	-	SC	LC	Estable	
		<i>Sorex ventralis</i>	Musaraña coluda oaxaqueña	E	SC	LC	Estable	
		<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña de Saussure	-	SC	LC	Estable	
Chiroptera	Molossidae	<i>Eumops perotis</i>	Murciélago con bonete mayor	-	SC	LC	Decremento	
		<i>Molossus rufus</i>	Murciélago mastín negro	-	SC	LC	Estable	
		<i>Nyctinomops macrotis</i>	Murciélago cola suelta mayor	-	SC	LC	Desconocida	
	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	Murciélago-barba arrugada	-	SC	LC	Decremento	
		<i>Pteronotus davyi</i>	Murciélago lomo pelón menor	-	SC	LC	Estable	
		<i>Pteronotus parnellii</i>	Murciélago-bigotudo de Parnell	-	SC	LC	Estable	
		<i>Pteronotus personatus</i>	Murciélago bigotudo	-	SC	LC	Estable	
	Phyllostomidae	<i>Desmodus rotundus</i>	Murciélago vampiro	-	SC	LC	Estable	
		<i>Diphylla ecaudata</i>	Vampiro pata peluda	-	SC	LC	Estable	
		<i>Anoura geoffroyi</i>	Murciélago rabón de Geoffroy	-	SC	LC	Estable	
		<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	-	A	NT	Desconocida	
		<i>Leptonycteris nivalis</i>	Murciélago maguero mayor	-	A	EN	Decremento	
		<i>Macrotus waterhousii</i>	Murciélago orejón mexicano	-	SC	LC	Estable	
		<i>Micronycteris microtis</i>	Murciélago orejón brasileño	-	SC	LC	Estable	
		<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago frutero	-	SC	LC	Estable	
		<i>Dermanura azteca</i>	Murciélago frugívoro azteca	-	SC	LC	Desconocida	
		<i>Dermanura tolteca</i>	Murciélago frugívoro tolteca	-	SC	LC	Desconocida	
		<i>Centurio senex</i>	Murciélago cara arrugada	-	SC	LC	Estable	
		Vespertilionidae	<i>Antrozous pallidus</i>	Murciélago desértico norteño	-	SC	LC	Estable
			<i>Myotis auriculus</i>	Miotis orejudo	-	SC	LC	Desconocida
			<i>Myotis californicus</i>	Miotis californiano	-	SC	LC	Desconocida
			<i>Myotis nigricans</i>	Murciélago negro	-	SC	LC	Estable
	<i>Myotis thysanodes</i>		Miotis bordado	-	SC	LC	Estable	
	<i>Myotis velifer</i>		Miotis mexicano	-	SC	LC	Estable	
	<i>Myotis volans</i>		Miotis pata larga	-	SC	LC	Estable	
	<i>Myotis yumanensis</i>		Miotis de Yuma	-	SC	LC	Estable	
	<i>Parastrellus hesperus</i>		Pipistrello del oeste americano	-	SC	LC	Estable	
	<i>Eptesicus fuscus</i>		Murciélago moreno norteamericano	-	SC	LC	Aumento	
	<i>Lasiurus blossevillii</i>		Murciélago cola peluda de Blossevil	-	SC	LC	Desconocida	
	<i>Lasiurus cinereus</i>		Murciélago cola peluda canoso	-	SC	LC	Desconocida	
	<i>Lasiurus intermedius</i>		Murciélago cola peluda norteño	-	SC	LC	Desconocida	
	<i>Lasiurus xanthinus</i>	Murciélago amarillo	-	SC	LC	Estable		
	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	Murciélago mula mexicano	E	SC	NT	Decremento		
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Murciélago orejón de Townsend	-	SC	LC	Estable		

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	END.	NOM-059	IUCN	TEND. POB.	
		<i>Idionycteris phyllotis</i>	Murciélago mula de Allen	-	SC	LC	Estable	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	-	SC	LC	Decremento	
		<i>Lepus callotis</i>	Liebre torda	-	SC	VU	Decremento	
		<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del desierto	-	SC	LC	Decremento	
		<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo de monte	E	SC	LC	Decremento	
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	-	SC	LC	Desconocida	
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla vientre rojo	-	SC	LC	Estable	
		<i>Sciurus deppei</i>	Ardilla tropical	-	SC	LC	Estable	
		<i>Sciurus oculatus</i>	Ardilla de Peter	E	Pr	LC	Desconocida	
	Geomyidae	<i>Cratogeomys merriami</i>	Tuza de Merriam	E	SC	LC	Estable	
		<i>Thomomys umbrinus</i>	Tuza mexicana	-	SC	LC	Desconocida	
	Heteromyidae	<i>Dipodomys ordii</i>	Rata canguro común	-	SC	LC	Estable	
		<i>Dipodomys phillipsii</i>	Rata canguro del centro	E	Pr	LC	Estable	
		<i>Chaetodipus hispidus</i>	Ratón-de abazones crespo	-	SC	LC	Estable	
		<i>Perognathus flavus</i>	Ratón-de abazones sedoso	-	SC	LC	Estable	
	Cricetidae	<i>Microtus mexicanus</i>	Metorito mexicano	-	SC	LC	Desconocida	
		<i>Baiomys musculus</i>	Ratón pigmeo sureño	-	SC	LC	Estable	
		<i>Baiomys taylori</i>	Ratón-pigmeo norteño	-	SC	LC	Estable	
		<i>Neotoma mexicana</i>	Rata cambalachera mexicana	-	SC	LC	Estable	
		<i>Neotomodon alstoni</i>	Ratón de los volcanes	E	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus aztecus</i>	Ratón azteca	-	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de las rocas	E	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus gratus</i>	Ratón piñonero	-	SC	LC	Desconocida	
		<i>Peromyscus hylcoetes</i>	Ratón transvolcánico	E	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón de patas blancas	-	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus levipes</i>	Ratón de La Malinche	E	SC	LC	Desconocida	
		<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón norteamericano	-	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus melanophrys</i>	Ratón de meseta	E	SC	LC	Estable	
		<i>Peromyscus melanotis</i>	Ratón orejas negras	-	SC	LC	Desconocida	
		<i>Peromyscus pectoralis</i>	Ratón tobillo blanco	-	SC	LC	Estable	
		<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	Ratón-cosechero leonado	-	SC	LC	Estable	
		<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón cosechero común	-	SC	LC	Estable	
		<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	Ratón cosechero mexicano	-	SC	LC	Estable	
		<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	Ratón cosechero de montaña	-	SC	LC	Estable	
		<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	Rata arrocera pigmea	-	SC	LC	Estable	
	<i>Oryzomys alfaroi</i>	Rata arrocera de Alfaro	-	SC	LC	Estable		
	<i>Oryzomys chapmani</i>	Rata arrocera de Chapman	E	SC	VU	Desconocida		
	<i>Oryzomys couesi</i>	Rata arrocera de agua	-	SC	LC	Desconocida		
	Carnivora	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Lince Americano	-	SC	LC	Estable
			<i>Puma concolor</i>	Puma	-	SC	LC	Decremento
		Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	-	SC	LC	Aumento
			<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	-	SC	LC	Estable
		Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca norteño	-	SC	LC	Decremento
<i>Mephitis macroura</i>			Zorrillo listado sureño	-	SC	LC	Aumento	
<i>Spilogale gracilis</i>			Zorrillo manchado occidental	-	SC	LC	Decremento	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	END.	NOM-059	IUCN	TEND. POB.
	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja cola larga	-	SC	LC	Estable
		<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño	-	SC	LC	Desconocida
		<i>Nasua narica</i>	Coatí	-	SC	LC	Decremento
		<i>Procyon lotor</i>	Mapache	-	SC	LC	Aumento
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de cola blanca	-	SC	LC	Estable

C. Resultados del Trabajo de campo

Se presentan los resultados de campo obtenidos en un polígono de 322.36 hectáreas. Se emplearon métodos de búsqueda directa e indirecta para la determinación de la riqueza y la abundancia de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos en cinco transectos.

En total se identificaron 19 especies de las cuales 2 son reptiles, 11 son aves y 6 son mamíferos. Ninguna de las especies registradas se encuentra bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las dos especies de reptiles son considerados como endémicos y en la lista del libro rojo de la IUCN todas las especies restantes están catalogadas como preocupación menor (LC). No se registraron individuos del grupo de anfibios en el sitio.

Reptiles

Se registró un total de siete individuos de dos especies, pertenecientes a una familia y un género. Ambas especies son consideradas como endémicas, no se encuentran protegidas a nivel nacional y en el libro rojo de la UICN se catalogan como preocupación menor (LC). La tendencia poblacional de estas especies se reporta como estable (Tabla IV.39).

Tabla IV.39 Listado de reptiles registrados en campo

IT	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	End.	IUCN	Tendencia Pob.
1	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus mucronatus</i>	Lagartija espinosa de grieta	SC	E	LC	Estable
2	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus scalaris</i>	Lagartija espinosa de pastizal	SC	E	LC	Estable

NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059). S/C: Sin categoría, A: Amenazada, Pr: Sujeta a protección especial, P: En peligro de extinción, E: Probablemente extinta en el medio silvestre; Lista Roja de la IUCN. LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro, DD: Deficiencia de datos, NE: No evaluado; Tipo de distribución Geográfica (Distr. Geo.). End: Endémica a México, Nat: Nativa.

Si bien en el AeP únicamente se registró la presencia de dos especies de reptiles, durante los recorridos se registró la presencia de ejemplares del género *Crotalus* (un esqueleto y mudas de piel), por lo que no se incluye en los resultados, dada la complejidad de determinar la especie con esos elementos. Asimismo, los pobladores indicaron la presencia de la culebra chirriadora neotropical (*Masticophis mentovarius*) y la culebra ratonera (*Senticolis triaspis*).

La lagartija espinosa de grieta es una lagartija relativamente grande que vive en grietas de rocas y en invierno tienden a agruparse en resquicios para mantener el calor (Méndez, 2009¹⁷⁶). Su distribución abarca la mayor parte de la pendiente oeste de la Sierra Madre Oriental en los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz y las tierras altas de Oaxaca; también el eje

Neovolcánico hasta las partes más altas de la Ciudad de México, y a través del río Balsas hasta las partes altas del estado de Guerrero.

Habita en afloramientos rocosos y paredones. Ocasionalmente se le encuentra sobre tocones o árboles. Principalmente es una especie de cañones rocosos con paredones y pendientes inclinadas. Ocupa claros en bosques de pino, oyamel, encino y pino-encino. Su distribución altitudinal se extiende desde 1575 hasta 4000 m.

Es una lagartija tímida con una vista aguda, que desde su percha a aproximadamente 25 m puede ver a sus depredadores. Generalmente se mete dentro de hoyos o grietas profundas de roca al primer signo de peligro (Lemos y Dixon, 2016; Figura IV.26).

Figura IV.26 *Sceloporus mucronatus* avistado durante el trabajo de campo



La lagartija espinosa de pastizal es una lagartija pequeña que vive comúnmente alrededor de áreas con zacate amacollado. Se camuflajea perfectamente bajo la sombra de este zacate. Su patrón de coloración consiste de un par de hileras de manchas dorsales de café a negras, que hacen difícil su observación, especialmente cuando no está en movimiento.

Se distribuye desde el centro del estado de Durango y oeste de Nuevo León, extendiéndose hacia el sur sobre la vertiente del Pacífico hasta Jalisco y Michoacán; a través del altiplano hasta el oeste de Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, México y Ciudad de México.

Suele encontrarse en el zacate amacollado de praderas de montaña; donde los cultivos han reemplazado al zacate, esta lagartija parece restringirse a hileras de postes, o a las orillas de los campos de cultivo. Su distribución altitudinal se extiende desde 1 400 hasta 4 000 m. Cuando se le molesta, esta lagartija generalmente escapa a la sombra de la planta más cercana,

y permanece inmóvil en ese lugar. Rara vez continúa corriendo, depende de su coloración críptica para escapar de la atención del depredador (Lemos y Dixon, 2016; Figura IV.27).

Figura IV.27 *Sceloporus scalaris* registrado en el AeP



Aves

Se tuvieron 76 registros pertenecientes a 10 especies, distribuidas en siete órdenes y 11 familias. Ninguna de ellas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010; todas las especies se consideran como Preocupación menor (LC) por la IUCN.

Todas las especies registradas son de amplia distribución, por lo que no presentan restricciones en su distribución. El 81.8% son especies residentes, el chipe grande (*Icteria virens*) es catalogado como una especie transitoria y la garza blanca (*Ardea alba*) como migrante de invierno (Tabla IV.40).

Tabla IV.40 Especies de aves registradas en el AeP

IT	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	End.	IUCN	Est.	Tendencia Poblacional
1	Cathartiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	SC	-	LC	R	Estable
2	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	SC	-	LC	R	Aumento
3	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño	SC	-	LC	R	Estable
4	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	SC	-	LC	R	Aumento
5	Passeriformes	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	SC	-	LC	R	Aumento
6	Passeriformes	Fringillidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	SC	-	LC	R	Aumento
7	Passeriformes	Icteriidae	<i>Icteria virens</i>	Chipe grande	SC	-	LC	T	Estable
8	Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	SC	-	LC	R	Decremento
9	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	SC	-	LC	R	Aumento
10	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	SC	-	LC	MI	Desconocida
11	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	SC	-	LC	R	Estable

IT	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	End.	IUCN	Est.	Tendencia Poblacional
NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059). S/C: Sin categoría, A: Amenazada, Pr: Sujeta a protección especial, P: En peligro de extinción, E: Probablemente extinta en el medio silvestre; Lista Roja de la IUCN. LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro, DD: Deficiencia de datos, NE: No evaluado; Tipo de distribución Geográfica (Distr. Geo.). End: Endémica a México, Nat: Nativa.									

De las once especies registradas, la tendencia poblacional de cinco de ellas se reporta en aumento, cuatro más cuentan con poblaciones estables, las poblaciones del cuitlacoche pico curvo (*Toxostoma curvirostre*) se reportan en detrimento y se desconoce la tendencia poblacional de la garza blanca (*Ardea alba*).

En lo que respecta a los gremios tróficos, las especies registradas se distribuyen en ocho gremios, siendo:

♣ Carroñero

Zopilote aura (*Cathartes aura*): Actividad diurna. Es un carroñero que rara vez mata presas y su alimentación depende de encontrar cadáveres. Las presas principales son mamíferos de tamaño mediano. También desentierra y consume cadáveres de mamíferos que se encuentran a 30 - 45 cm bajo tierra. En entornos perturbados, se benefician enormemente de los organismos atropellados en las carreteras, y esta fuente de alimentos puede explicar la extensión septentrional que ha ocurrido durante las últimas décadas. Los alimentos son localizados por olfato, y este género es uno de los pocos en los que el sentido del olfato está altamente desarrollado (Houston *et al.*, 2020)¹⁷⁷.

Caracara quebrantahuesos (*Caracara cheriway*): tiene relación con los falcónidos comunes, aunque su aspecto y hábitos son muy diferentes. Es un ave oportunista con un plumaje extraordinario y alas anchas que habitualmente se alimenta de carroña. Es agresiva y capaz de ahuyentar a los buitres de los cadáveres que encuentra en la carretera. Su dieta se compone de carroña y animales pequeños. Se alimenta de una amplia variedad de criaturas de menor tamaño, ya sea capturadas con vida o encontradas muertas. La dieta incluye conejos, ardillas de tierra, zorrillos, una variedad de aves (además de sus huevos y crías), ranas, serpientes, lagartos, tortugas, crías de caimán, peces e insectos grandes (Kenn Kaufman, 2005)¹⁷⁸.

♣ Granívoro - recolector en el suelo o bajo el suelo

Huilota común (*Zenaida macroura*): Su alimentación consiste principalmente de semillas que toma del suelo o directamente del tallo de las plantas, también incluye material vegetal. Se alimentan de cultivos agrícolas (maíz y trigo) cuando están disponibles. La dieta incluye huevos de saltamontes, hormigas, escarabajos, caracoles y frutos de cactáceas (Baptista *et al.*, 2019)¹⁷⁹.

Pinzón Mexicano (*Haemorhous mexicanus*): Actividad diurna. Pertenece a la familia Fringilidae que contiene a las aves de pico cónico que se alimentan a base de semillas (Nocedal 2011)¹⁸⁰. Las publicaciones de ornitología tanto extranjeras como de México incluyen a

esta especie en el gremio trófico de los granívoros (Larios-Lozano *et al.*, 2017). Se alimenta principalmente de materia vegetal, semillas de plantas, brotes, flores y frutas; también de un pequeño número de insectos (Clement 2020)¹⁸¹.

♣ Insectívoro - recoge presas en el suelo

Correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*): su dieta incluye insectos, reptiles, roedores y aves. Para cazar, suele caminar velozmente en busca de su presa para luego lanzarse y atraparla con el pico. Puede saltar para atrapar insectos o aves que estén sobrevolando, como los colibríes (Kenn Kaufman, 2005)¹⁸².

Cuitlacoche pico curvo (*Toxostoma curvirostre*): Actividad diurna. La dieta consiste en insectos, especialmente escarabajos y otros artrópodos, también consume flores y frutos de arbustos y cactus. Forrajea en el suelo al aire libre, así como debajo de arbustos (Cody, 2020)¹⁸³.

♣ Omnívoro - incluyendo carroña, principalmente en el suelo

Cuervo común (*Corvus corax*): puede comer prácticamente cualquier cosa, no obstante, la base de la dieta es materia de origen animal. Busca alimento en pareja: las dos aves cooperan para hacer salir a la presa. Busca nidos para comerse los huevos o las crías pequeñas que se encuentren en él. Es un ave oportunista que aprovecha las fuentes de alimento temporarias. Se alimenta principalmente en el suelo, a veces busca carroña o visita basurales (Kenn Kaufman, 2005)¹⁸⁴.

♣ Insectívoro - recolector de follaje del dosel inferior

Chipe grande (*Icteria virens*): Se alimenta de una gran variedad de insectos, incluyendo polillas, escarabajos, chinches, hormigas, abejas, avispas, efímeras, saltamontes, variedad de cigarras, orugas y también come arañas. Hasta la mitad de su dieta, o incluso más en el otoño, se compone de bayas y frutos silvestres, incluyendo moras, bayas del sauco y uvas silvestres, entre otras. Forrajea buscando entre el follaje en densas marañas bajas o posándose para comer bayas. A diferencia de cualquier otro chipe, sostiene su alimento con un pie mientras se alimenta (Kenn Kaufman, 2005)¹⁸⁵.

♣ Insectívoro - captura presas en el aire debajo del dosel

Papamoscas cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*): Actividad diurna. Se alimenta de artrópodos, incluyendo mariposas, saltamontes, grillos, moscas, escarabajos, termitas, abejas y arañas. Busca alimento desde nivel de suelo hasta 10 m de alto, frecuentemente utiliza la misma percha para el forrajeo (Farnsworth *et al.*, 2020)¹⁸⁶.

♣ Carnívoro - captura presas de agua dulce

Garza blanca (*Ardea alba*): se alimenta principalmente de peces, además de crustáceos, ranas, salamandras, serpientes e insectos acuáticos. En campos abiertos puede capturar saltamontes y roedores. Se la ha visto capturar pequeños rascones y otras aves. Busca su alimento principalmente de pie o caminando en aguas poco profundas, a la espera de peces que naden cerca para atraparlos con un movimiento rápido del pico. Puede alimentarse en bandadas o junto con otras garzas, cormoranes o ibis, y en ocasiones les roba el alimento a aves más pequeñas. También busca alimento en campos abiertos, a veces cerca de rebaños de ganado (Kenn Kaufman, 2005¹⁸⁷).

♣ Insectívoro - captura sus presas en el interior de la madera

Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*): Se alimenta de una amplia variedad de insectos. También come frutos secos, bayas, frutas y semillas de numerosas plantas; comerá muchas bellotas cuando estas se encuentren disponibles. Busca insectos en los troncos y ramas de árboles, obteniéndolos de la corteza o buscándolos debajo de la superficie. Trepa por las ramas de árboles o arbustos para recolectar frutos secos, bayas o frutas. Puede forrajear en el suelo y a veces atrapa insectos durante el vuelo. Rompe las vainas de los mezquites para comer las semillas (Kenn Kaufman, 2005¹⁸⁸).

Figura IV.28 Especies de aves registradas en el AeP



Rutas migratorias: La migración es un comportamiento de importancia biológica y de alcances continentales; los movimientos migratorios se encuentran marcados por una estacionalidad anual que, dependiendo de la especie, es la época en que se lleva a cabo. Estos movimientos pueden ser de sur a norte para reproducirse en los veranos en áreas templadas o árticas y retornan a las áreas de invernada en regiones más cálidas del sur; del norte al sur o bien simplemente utilizar el territorio mexicano como corredor.

También existen migraciones que se realizan de este a oeste del continente o viceversa, desde zonas continentales a costeras, a lo largo de ríos y quebradas, y de otras de tipo altitudinal; es decir, de arriba a debajo de las montañas, como lo hace el quetzal, que en cierta época del año migra a tierras bajas para buscar alimento (Murillo, et al. 2008)¹⁸⁹.

Otro aspecto de importancia de las especies migratorias es que representan recursos ecológicos y económicos vitales, ya que son fuente de comida, medios de vida, recreación y tienen un importante valor biológico, cultural y económico para la sociedad, como ejemplo se puede mencionar a *Buteo swainsoni*, el cual se alimenta de animales dañinos para la agricultura.

Así mismo, se han registrado cerca de 200 especies de aves migratorias neotropicales que se reproducen en Norteamérica durante el verano y en el invierno viajan a México, Centroamérica o las islas del Caribe, donde se alimentan principalmente de néctar, polinizando a su vez a cientos de plantas que les sirven a los americanos de alimento, medicina y decoración (Murillo et al., 2008).

Ahora bien, las rutas migratorias suelen relacionarse con la presencia de corrientes termales^{XVIII}, las cuales son más abundantes en tierra caliente que en las montañas y en el altiplano. Las planicies costeras del Golfo y del Pacífico, el Istmo de Tehuantepec y la Península de Yucatán son las áreas con mejores condiciones para la migración de algunas especies (Medellín, et al., 2009)¹⁹⁰.

Aunado a esto, algunas especies suelen migrar durante la noche, con lo cual minimizan el riesgo de los depredadores y evitan el recalentamiento que podría resultar de la energía consumida durante el vuelo en distancias largas. Esto también les permite alimentarse durante el día para reponer energía para la noche; uno de los costos de este tipo de migración es la pérdida de sueño.

No obstante, de acuerdo a la información recabada por diversos estudios, se han propuesto cuatro grandes rutas potenciales que pueden ser utilizadas por la avifauna, que son: la ruta del atlántico, la ruta del Misisipi, la ruta central y la ruta del Pacífico. De las cuales, la que nos ocupa es la ruta central.

^{XVIII} Es una columna de aire caliente ascendente desde bajas latitudes de la atmósfera terrestre, las cuales se crean por el desigual calentamiento de la superficie terrestre por la radiación solar.

La ruta central sigue las grandes llanuras en los Estados Unidos y Canadá, siguiendo la costa del Golfo de México hacia el sur (Figura IV.29); esta ruta es usada por las aves debido a que no hay montañas o serranías que bloqueen el camino a lo largo del trayecto, además de proveer agua, alimento y cubierta boscosa para protección (Nutty Birdwatcher, 2013)¹⁹¹.

Figura IV.29 Ruta central de migración



Durante el viaje migratorio las alturas de vuelo varían de acuerdo a la altura en que se encuentren las mejores condiciones de viento, lo cual dependerá de la hora del día, la temporada del año, las características terrestres y el clima. Derivado de que los vientos a mayores altitudes son más fuertes que los vientos más cercanos a la superficie de la tierra, las aves vuelan mucho más alto con vientos de cola (son aquellos que soplan en la misma dirección que sigue la ruta migratoria) y más bajo con los vientos de frente (vientos que soplan en la dirección contraria).

En términos generales, los migrantes nocturnos viajan a mayores altitudes que los diurnos; algunas especies pueden alcanzar hasta 1500 metros de altura y en ocasiones a más de 3600 metros; aunque la mayoría se encuentra en rangos que van de los 60 a los 2000 metros de altitud; la altura mínima más común es de 150 m (Tabla IV.41; Smithsonian Migratory Bird Center, 2008¹⁹²).

Tabla IV.41 Altura de vuelo de algunos grupos de aves

Grupo	Altura (m)
Aves canoras	150-2000*
Aves playeras	300-4000
Aves acuáticas	60-1200
Aves rapaces	200-1200
*75% de las aves canoras migran a una altura entre 150-600 metros	

Por otro lado, en algunas ocasiones, las rutas migratorias que las aves siguen para regresar a sus sitios de origen pueden ser diferentes de las que usaron en un inicio, esto es causado en gran parte a las condiciones ambientales, las cuales varían en las diferentes estaciones del año. Así mismo, el sitio de hibernación o reproducción también puede variar dependiendo del clima.

El territorio nacional puede ser usado como vía de paso por aquellas aves que migran hacia el cono sur, por lo que en algunas ocasiones, durante la travesía, algunas especies podrían utilizar algún sitio de paso, siendo la especificidad tan amplia como la extensión propia del país, por lo que el área donde pretende establecerse el proyecto podría o no ser usada como sitio de arribo casual.

Considerando la información previamente presentada, en el área donde pretende establecerse el proyecto, el monitoreo en campo permitió registrar dos especies con poblaciones no residentes, una catalogada como migrante de invierno y otra transitoria, las cuales en temporada de no reproducción migran normalmente al centro del país o rumbo al cono sur en busca de mejores condiciones que las que prevalecen en sus sitios habituales, para después regresar a sus lugares de origen una vez que las condiciones cambien y haya disponibilidad de alimento y un clima más cálido. Las especies son:

- ♣ La garza blanca (*Ardea alba*), suele migrar durante la temporada invernal;
- ♣ El chiipe grande (*Icteria virens*) es considerada como especie transitoria.

Cabe destacar que muchas especies pueden llegar a migrar a grandes alturas, sin embargo, en el monitoreo realizado en el área que ocupara el proyecto no se observaron parvadas de este tipo de aves pero aún y cuando se hubieran registrado ello no querría decir que necesariamente utilizan esta área para descansar o alimentarse, considerando además que el AeP no funge como un área predilecta de reposos ni anidación, por la ausencia de los requerimientos ambientales en el sitio, tales como ausencia de cuerpos de agua y vegetación, lo cual reduce considerablemente las condiciones ambientales en el sitio, disminuyendo los servicios que podría brindar a especies de paso. Aunado a lo anterior, la densidad de aves registrada fue baja en comparación con las densidades reportadas en áreas de interés de las aves.

En virtud de que la mayoría de las migraciones de aves ocurre en el rango de 150 a 600 metros de altura y que **el AeP no funge como un área predilecta de reposos ni anidación, por la ausencia de los requerimientos ambientales de estas aves, tales como ausencia de cuerpos de agua y una vegetación abierta y fragmentada, por lo que no se prevén afectaciones a las poblaciones de aves que pudieran encontrarse en el área.**

Aves que presentan un riesgo potencial de colisión y/o electrocución con la línea de transmisión. La electrocución de un ave en las líneas de transmisión eléctrica se produce cuando el ave toca dos fases energizadas o una fase y una parte metálica. Entre los equipos que presentan riesgo de electrocución están los transformadores, postes terminales y de deflexión (se usan comúnmente postes de concreto y en su manufactura se utiliza armazón de varilla). En el caso de las colisiones, estas se registran más frecuentemente en líneas de transmisión de poste, por lo que se prevé que los eventos de colisión sean visiblemente mínimos en este proyecto por tratarse de una línea de transmisión de torres de celosía; se debe considerar además que algunas especies pueden colisionar contra los cables cuando no logran evitarlos.

En este entendido, algunas de las aves que vuelan en las proximidades de líneas eléctricas pueden ser susceptibles de **colisionarse** con éstas, lo cual es la causa de lesiones y la eventual muerte de las aves. Una de las principales causas de la colisión con líneas eléctricas se debe a la ubicación, pues en muchos casos la línea se construye entre el área de alimentación y el área de descanso de poblaciones de aves, o rutas migratorias, lo que implica el paso de las parvadas a través de la línea eléctrica. De igual manera, las colisiones de aves con tendidos eléctricos están directamente relacionados con dos factores: la inestabilidad de las líneas y la visibilidad de estas (APLIC, 2012)¹⁹³.

Otro efecto de las líneas eléctricas sobre la avifauna son las **electrocuciones**, estas ocurren debido a la interacción de tres elementos, la biología, el ambiente y la ingeniería. Los componentes biológicos y ambientales que influyen en el riesgo de electrocución son el tamaño corporal, el alimento, la conducta, el hábitat y la edad, esta última determina la experiencia para volar y cazar (APLIC, 2006¹⁹⁴). De especial peligro para las aves es el cable de guarda, un cable más delgado que los cables conductores, que se extiende entre las partes más altas de las torres y sirve como pararrayos para evitar daños a la línea por descargas de relámpago.

Existen dos formas en las que un ave puede electrocutarse, la primera ocurre durante el vuelo a lo largo del tendido eléctrico, al momento que un ave se acerca y toca dos líneas sirviendo como puente para la electricidad (APLIC, 2006), en este sentido, el tamaño del ave es muy importante (con envergadura superior a 120 cm, que es la distancia promedio entre dos líneas de un tendido eléctrico), entre las especies que corren este riesgo se encuentran las especies de rapaces de las familias Cathartidae, Accipitridae y Falconidae, algunas especies acuáticas como la garza morena (*Ardea herodias*) y algunas rapaces nocturnas como el búho cornudo (*Bubo virginianus*) principalmente.

La segunda forma de electrocución ocurre en las torres eléctricas al momento de percharse, si llega a existir contacto con alguna fase conductora el ave sirve como puente entre esta y la estructura de la torre. Esta forma de electrocución depende más de los hábitos que del tamaño de las especies, ya que algunas especies suelen anidar en torres eléctricas, y muchas otras las utilizan como sitios de descanso, en estos casos se han reportado especies de rapaces tanto diurnas como nocturnas como principales víctimas de este tipo de electrocución, sin embargo también existen reportes de especies de garzas, pájaros carpinteros, gorriones, cuervos, urracas, zorzales y palomas (APLIC, 2006).

La electrocución de aves no sólo afecta a las poblaciones de las especies involucradas, especialmente a las rapaces y cuervos, sino que tiene a su vez un impacto considerable en la economía local, ya que produce cortes de energía, lo que implica una interrupción temporal del suministro de energía eléctrica a comunidades e industrias (INE-SEMARNAT, 2002)¹⁹⁵

Retomando lo descrito en los párrafos anteriores, dentro de las aves *vulnerables* se concentran las:

- ☞ **Acuáticas**, especialmente las de gran tamaño y las de vuelo poco maniobrable (y a la altura del cableado, se han registrado colisiones de flamencos, zopilotes, palomas, grullas y gansos), así como las de hábitos crepusculares o nocturnos.
- ☞ **Aves rapaces medianas y grandes**, al utilizar las líneas como sitios para perchar, cazar o anidar, especialmente donde no hay árboles u otras estructuras naturales que puedan usar.
- ☞ **Especies migratorias**, especialmente las solitarias o de grupos pequeños.

Entre las especies más frecuentemente electrocutadas en las líneas eléctricas, de las cuales se tiene información para México, se encuentran (INE-Semarnat, 2002¹⁹⁶):

- ☞ Águila real (*Aquila chrysaetos*). Considerada particularmente vulnerable debido a su gran tamaño (la envergadura de sus alas tiene cerca de dos metros), además de la inexperiencia de los jóvenes al volar y el uso que estos hacen de los postes, para perchar y cazar.
- ☞ Aguililla real (*Buteo regalis*). Suele hallarse posada en el suelo o perchada en postes de cercas o postes de líneas eléctricas.
- ☞ Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*). Suele perchar y cazar en postes de líneas de energía eléctrica.
- ☞ Aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*).
- ☞ Gavilán pescador (*Pandion haliaetus*). Suele utilizar los postes de las líneas de energía como sitios de anidación.

- ☞ Cuervo llanero (*Corvus cryptoleucus*). Utilizan los postes de energía eléctrica durante el cortejo y para anidar.

De acuerdo con el INE (2002) las características de los sitios potencialmente críticos para la electrocución de aves corresponde a áreas cercanas a cuerpos de agua (lagos, lagunas, ríos y humedales, zonas costeras y corredores migratorios para aves acuáticas) y que las aves más susceptibles de electrocución son las acuáticas, lo que hace del área de establecimiento de este proyecto, un sitio menos probable a la electrocución de aves toda vez que se encuentra lejos de cuerpos de agua y, aunque se registró la presencia de la garza blanca, que es un ave acuática, únicamente se tuvo un registro. Además de presentarse áreas agrícolas en el área de establecimiento del proyecto, lo que reduce las condiciones ambientales para las aves.

Considerando la información presentada previamente se identificaron las especies que podrían presentar riesgo a electrocución y/o colisión dentro del AeP, siendo la altura de vuelo un factor muy importante a considerar cuando se habla de riesgo de colisión contra el cable de guarda y los conductores de una línea de transmisión eléctrica, en este sentido, las aves que vuelan a la altura de los conductores y el cable de guarda, así como en un rango de hasta 50 m por encima del cable de guarda, son las que corren mayor peligro (De la Zerda y Roselli, 2003)¹⁹⁷. Por lo anterior y considerando como zona de riesgo el intervalo entre los 45 y 60 m de altura (se considera una catenaria o curva del cableado de 8 m), se seleccionaron como especies potencialmente vulnerables a aquellas cuya altura de vuelo se registró entre este intervalo.

De acuerdo con la información recabada de alturas de vuelo, únicamente *Cathartes aura* y *Caracara cheriway* fueron las especies que documentaron un registro de mayor altura de vuelo (50 m), el resto de las especies observadas en campo se registraron a intervalos menores a los 10 metros.

Los reportes indican que en general las especies acuáticas y rapaces en virtud de su gran tamaño, corren el riesgo de electrocución y en el caso de los reportes en México, de acuerdo con el diagnóstico publicado por el INE-SEMARNAT (2002), únicamente la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) tiene registros de electrocución en otras áreas estudiadas, debido a que esta especie cosmopolita que se encuentra en todo el país, en zonas áridas o abiertas suele perchar y cazar en postes de líneas eléctricas. No obstante que, en el AeP no se registró la presencia de esta especie.

Mamíferos

De forma directa e indirecta, se registró la presencia de seis especies de mamíferos, distribuidos en cuatro órdenes y cinco familias. Ninguna de estas especies se encuentra bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010; todas las especies se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC).

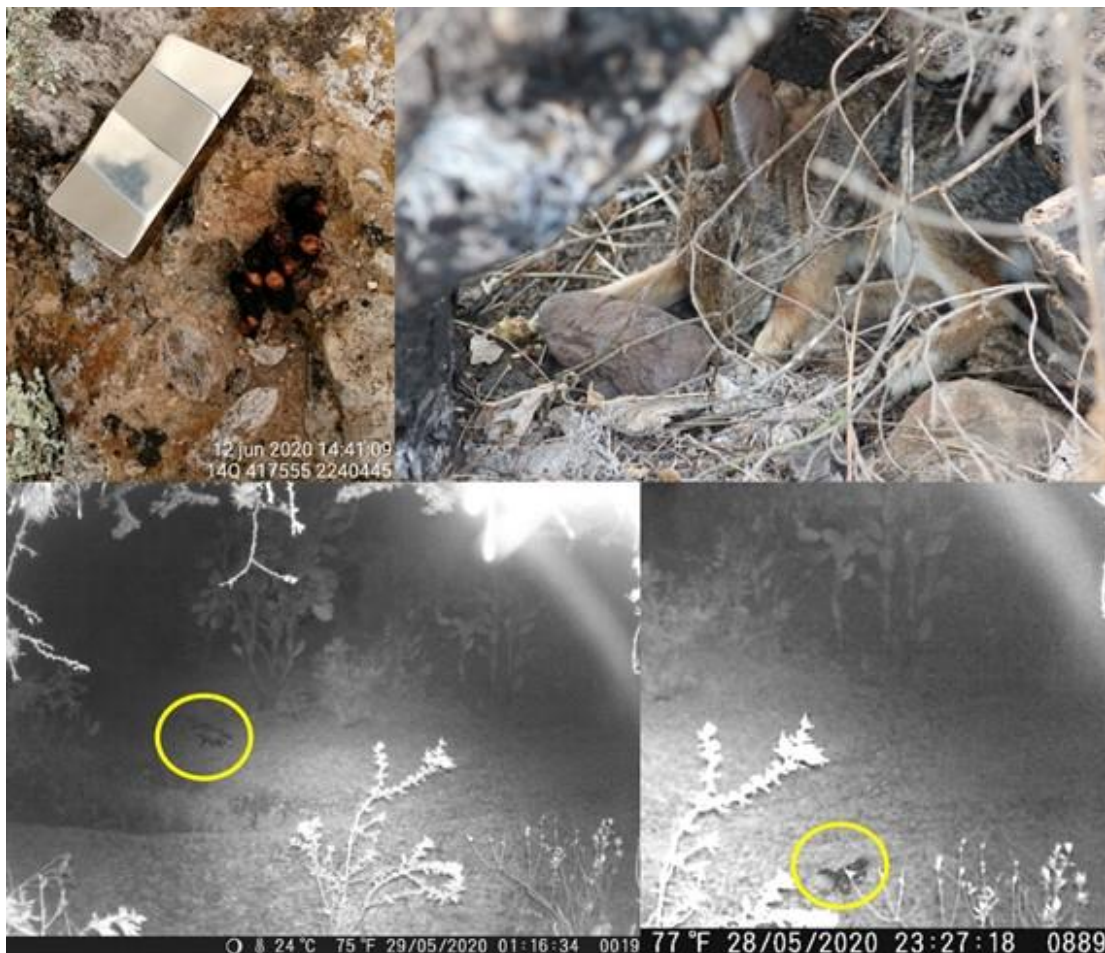
Las seis especies son de amplia distribución, por lo que ninguna de ellas es considerada como endémica. Las poblaciones del tlacuache norteño se reportan en aumento, las de la ardilla vientre rojo se reportan estables, tres están en detrimento y se desconoce la tendencia poblacional del cacomixtle norteño (Tabla IV.42; Figura IV.30).

Tabla IV.42 Listado de mamíferos registrados en el polígono del proyecto

ID	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	End.	IUCN	Tendencia Pob.
Mamíferos								
1	Carnivora	Mephitidae	<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado occidental	SC	-	LC	Decremento
2	Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño	SC	-	LC	Desconocida
3	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño	SC	-	LC	Aumento
4	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo de desierto	SC	-	LC	Decremento
5	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	SC	-	LC	Decremento
6	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla vientre rojo	SC	-	LC	Estable

NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059): A: Amenazada, Pr: Sujeta a protección especial, P: En peligro de extinción, E: Probablemente extinta en el medio silvestre; Lista Roja de la IUCN. LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazada, VU: Vulnerable, EN: En Peligro, DD: Deficiencia de datos, NE: No evaluado; Tipo de distribución Geográfica (Distr. Geo.). End: Endémica a México, Nat: Nativa.

Figura IV.30 Evidencia fotográfica de mamíferos registrados en el AeP



Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies representan gráficamente el análisis de los métodos de estimación con base en la riqueza de especies registrada en campo y el esfuerzo de muestreo aplicado, para que infiera en la posible riqueza y la eficiencia del muestreo (en porcentajes) en el área y el tiempo en el que se llevó a cabo el muestreo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006¹⁹⁸ y Jiménez-Valverde y Hortal, 2013¹⁹⁹). Los métodos de estimación usan la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la asíntota de la curva (línea continua en el plano con respecto a la “x”), si las curvas no llegan a esa asíntota podemos inferir que faltan más especies por registrar.

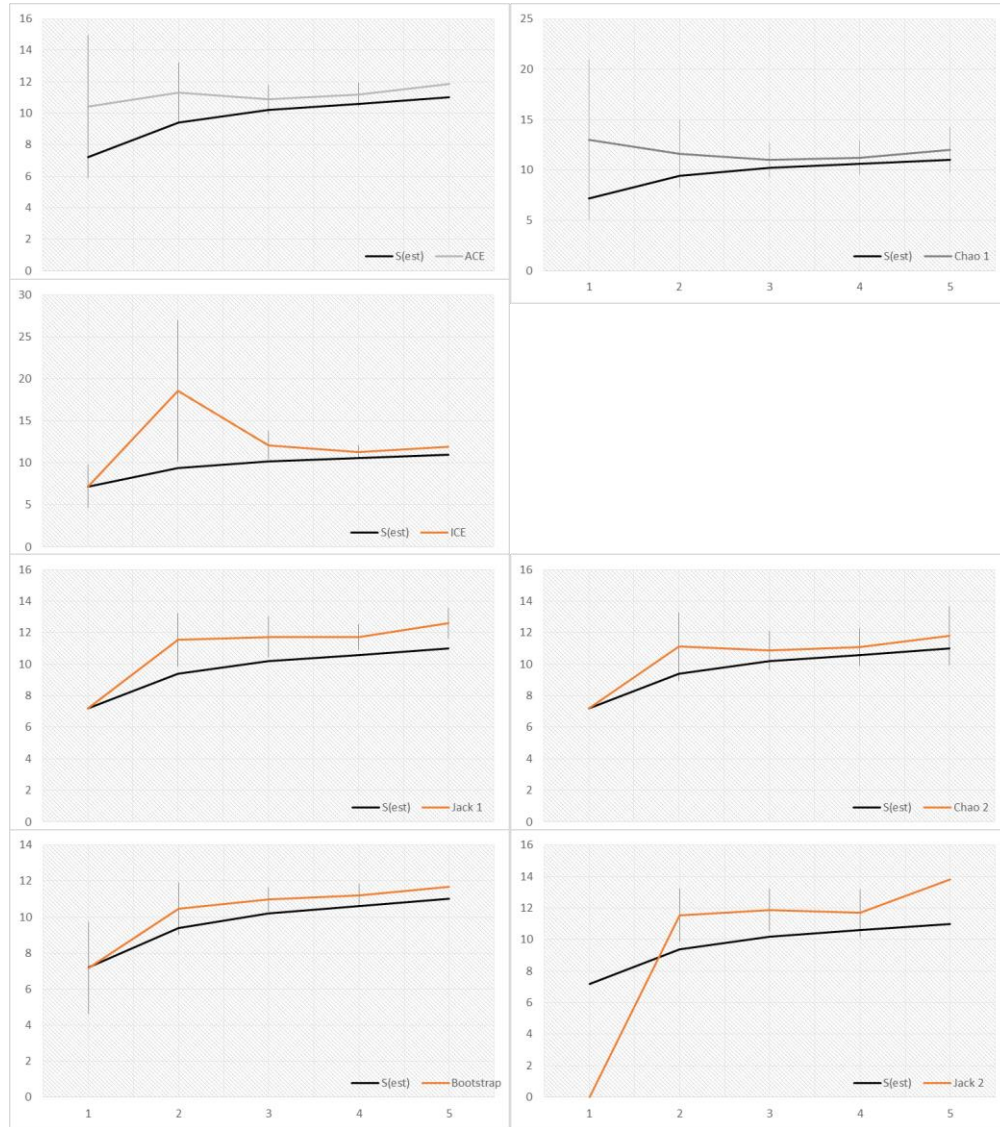
Para la elaboración de las curvas de acumulación se utilizaron los estimadores basados en abundancia (ACE y Chao 1) y cinco basados en ausencia-presencia (ICE, Jack 1, Jack 2, Bootstrap y Chao 2) para los mamíferos y aves; los reptiles no fueron contemplados, toda vez que solo se obtuvieron registros de dos especies.

En el caso de las aves, el registró fue de 11 especies, no obstante que las curvas de acumulación, dadas por los estimadores, no alcanzan la asíntota por lo que aún faltan especies por registrar. Los estimadores Jackknife 1 y Chao 2 fueron los que presentaron mejor resolución. Cinco de los estimadores estiman la posible presencia de 12 especies, lo que indica que solo falta una especie por registrar; el estimador Jack 1 estimó la presencia de 13 especies y Jack 2 estimo la presencia de 14 especies. Considerando estos valores, la eficiencia del muestreo obtenido en este análisis fue de 79.7% para Jack 2, mientras que para Bootstrap fue de 94% (Figura IV.31; Tabla IV.43).

Tabla IV.43 Estimadores paramétricos y no paramétricos para aves

Especies	Estimador	Especies estimadas	No. de especies por registrar	Eficiencia de muestreo
11 especies	Estimadores no paramétricos basados en la abundancia			
	ACE	11.9	1	92.6
	Chao 1	12	1	91.7
	Estimadores no paramétricos basados en ausencia-presencia			
	ICE	11.9	1	92.4
	Jackknife 1	12.6	2	87.3
	Jackknife 2	13.8	3	79.7
	Bootstrap	11.7	1	94
	Chao 2	11.8	1	93.2

Figura IV.31 Curvas de acumulación de riqueza de aves

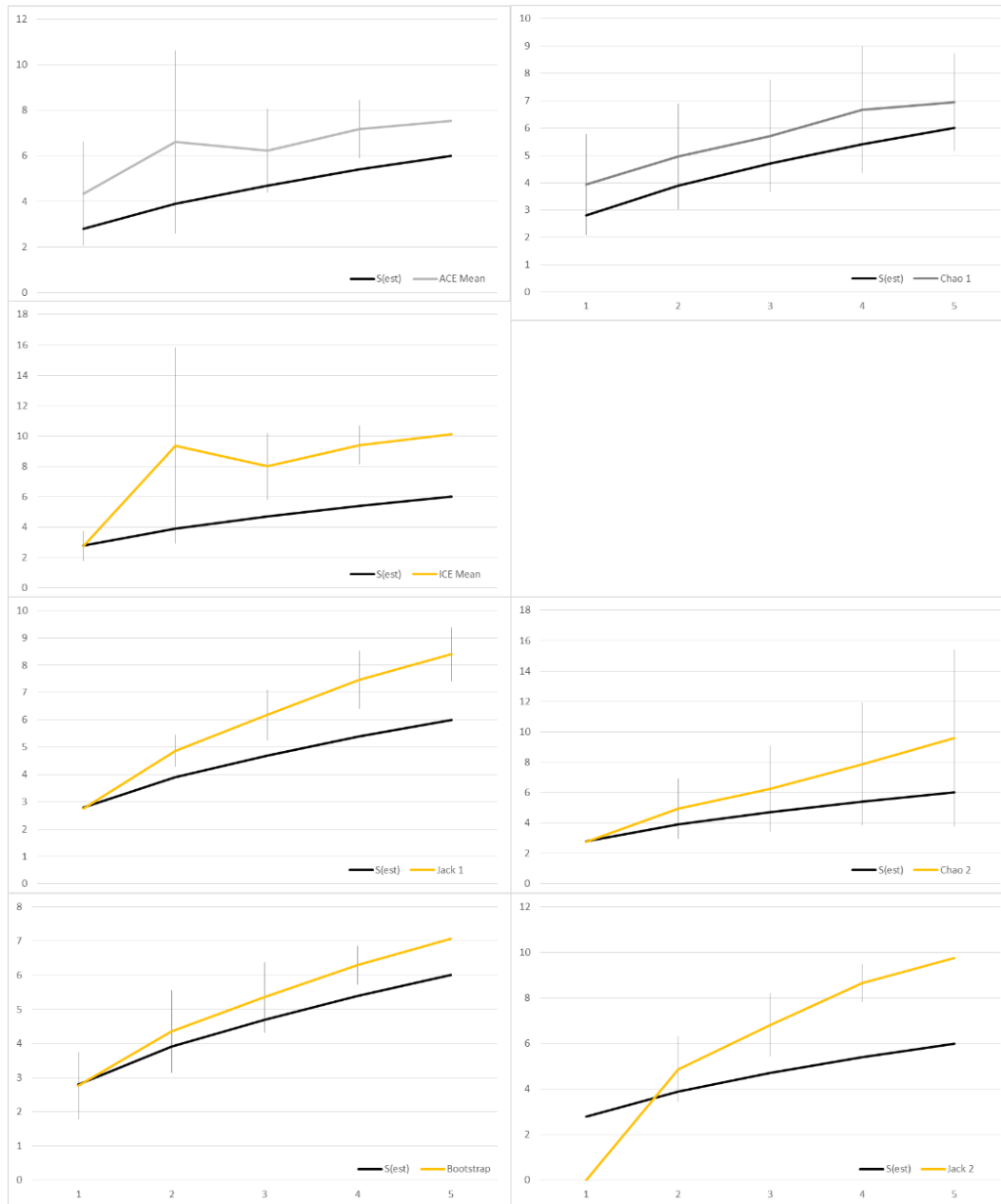


Las curvas de acumulación de especies para los mamíferos terrestres no alcanzan la asíntota, ya que, de acuerdo al estimador Jacknife 2, aún faltan 4 especies más por registrar; mientras que el estimador Bootstrap estima la posible presencia de una especie más. Considerando que el estimador ICE predice el mayor número de especies a registrar, la eficiencia de muestreo es del 59.2%, mientras que Bootstrap da una eficiencia de muestreo de 85% (Tabla IV.44; (Figura Iv.32).

Tabla IV.44 Estimadores paramétricos y no paramétricos para mamíferos

Especies	Estimador	Especies estimadas	No. de especies por registrar	Eficiencia de muestreo
6 especies	Estimadores no paramétricos basados en la abundancia			
	ACE	7.5	2	79.7
	Chao 1	6.9	1	86.5
	Estimadores no paramétricos basados en ausencia-presencia			
	ICE	10.1	4	59.2
	Jacknife 1	8.4	2	71.4
	Jacknife 2	9.7	4	61.5
	Bootstrap	7.06	1	85
	Chao 2	9.6	4	62.5

Figura IV.32 Curvas de acumulación de riqueza de mamíferos



Riqueza y abundancia de las especies registradas

♣ Reptiles

De las dos especies registradas en el trabajo de campo, se registró un individuo de la lagartija espinosa de grieta (*Sceloporus mucronatus*) y cinco individuos de la lagartija espinosa de pastizal (*Sceloporus scalaris*).

♣ Aves

De las once especies registradas, la más abundante fue el cuervo común (*Corvus corax*), seguido del zopilote aura (*Cathartes aura*) y la huilota común (*Zenaida macroura*). El transecto con mayor riqueza y abundancia de aves fue el 2, seguido del 5 (Tabla IV.45).

Tabla IV.45 Riqueza y abundancia de aves registradas

IT	Nombre científico	Nombre común	Transectos					Total individuos
			1	2	3	4	5	
1	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	4	5	2	2	2	15
2	<i>Zenaida macroura</i>	Huilota común	3			3	4	10
3	<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño		2		1	1	4
4	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	1		1	1	1	4
5	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común	4	5	3	3	4	19
6	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano		2		3	2	7
7	<i>Icteria virens</i>	Chipe grande		3		1	3	7
8	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	1	1		1	1	4
9	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Papamoscas cardenalito	1	1		1	1	4
10	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca				1		1
11	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje		1				1
Total			14	20	6	17	19	76

Mamíferos

De las seis especies de mamíferos registradas, la más abundante fue la liebre cola negra (*Lepus californicus*) con siete avistamientos, además de dos especies que se registraron mediante las cámaras trampa instaladas (Tabla IV.46).

Tabla IV.46 Riqueza y abundancia de mamíferos registrados

IT	Nombre científico	Nombre común	Transectos					FT	Total individuos
			1	2	3	4	5		
1	<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado occidental						1	1
2	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle norteño		2					2
3	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache norteño						1	1
4	<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo de desierto		1				1	2
5	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	1	2	2	1	1		7
6	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla vientre rojo	1	1		1	1		4
Total			2	6	2	2	3	2	17

Diversidad de las especies registradas

La riqueza específica (número de especies) y la abundancia específica (número de individuos por especie) ya sea relativa (porcentual “%”) o real (individuo), son los dos factores que van a determinar la diversidad. En este caso se utilizaron dos análisis estadísticos, el de equidad (Shannon “H”) y dominancia (Simpson “λ”), el primero mide la distribución uniforme de la riqueza con la abundancia y el segundo si una especie está dominando con su número de

individuos. Con base a lo anterior, si el número de Simpson es mayor que Shannon, hay una o varias especies que dominan el espacio a estudiar.

Durante el trabajo de campo se registraron dos especies de reptiles, una con un solo avistamiento y otra con 6 registros, razón por la cual no se realizaron los análisis de diversidad para este grupo faunístico.

El resultado del índice de Shannon para la mastofauna fue de $H' = 1.5427$, lo cual indica que el AeP es un área perturbada con una diversidad baja, resultado consistente con la información presentada en el presente capítulo, debido a las áreas agrícolas presentes en el sitio, así como las actividades de ganadería. El índice de dominancia (índice de Simpson) fue de 0.26 y, el número de especies efectivas fue de 4 (Tabla IV.47).

Tabla IV.47 Índice de Shannon para la mastofauna

IT	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa	Ln(pi)	pi*Ln(pi)	λ
1	<i>Spilogale gracilis</i>	1	0.05882	-2.83321	-0.1667	0.0035
2	<i>Bassariscus astutus</i>	2	0.11765	-2.14007	-0.2518	0.0138
3	<i>Didelphis virginiana</i>	1	0.05882	-2.83321	-0.1667	0.0035
4	<i>Sylvilagus audubonii</i>	2	0.11765	-2.14007	-0.2518	0.0138
5	<i>Lepus californicus</i>	7	0.41176	-0.8873	-0.3654	0.1696
6	<i>Sciurus aureogaster</i>	4	0.23529	-1.44692	-0.3405	0.0554
S = 6		17	1		-1.5427	0.2595
					H' = 1.5427	
					λ = 0.2595	
					¹D = 4.6772	
					²D = 3.85	

Respecto a las aves registradas se obtuvo un valor de $H' = 2.1069$ lo que indica que, para el grupo avifaunístico, las condiciones ambientales son de un estado moderado y una diversidad media. La diversidad de orden 1 (exponencial de Shannon) fue de ocho especies efectivas; mientras que, el índice de diversidad del inverso de Simpson fue de 7 especies efectivas (Tabla IV.48).

Tabla IV.48 Índices de diversidad de avifauna

IT	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa	Ln(pi)	pi*Ln(pi)	λ
1	<i>Cathartes aura</i>	15	0.1974	-1.6227	-0.3203	0.0390
2	<i>Zenaid macroura</i>	10	0.1316	-2.0281	-0.2669	0.0173
3	<i>Geococcyx californianus</i>	4	0.0526	-2.9444	-0.1550	0.0028
4	<i>Caracara cheriway</i>	4	0.0526	-2.9444	-0.1550	0.0028
5	<i>Corvus corax</i>	19	0.2500	-1.3863	-0.3466	0.0625
6	<i>Haemorrhous mexicanus</i>	7	0.0921	-2.3848	-0.2197	0.0085
7	<i>Icteria virens</i>	7	0.0921	-2.3848	-0.2197	0.0085

IT	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa	Ln(pi)	pi*Ln(pi)	λ
8	<i>Toxostoma curvirostre</i>	4	0.0526	-2.9444	-0.1550	0.0028
9	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	4	0.0526	-2.9444	-0.1550	0.0028
10	<i>Ardea alba</i>	1	0.0132	-4.3307	-0.0570	0.0002
11	<i>Melanerpes aurifrons</i>	1	0.0132	-4.3307	-0.0570	0.0002
S= 11		76	1		-2.1069	0.1472
					H' =	2.1069
					λ =	0.1472
					¹D =	8.2227
					²D =	6.7953

Composición de poblaciones y comunidades

Es posible definir a una población silvestre como un conjunto de individuos de una especie que habita un área determinada; siendo necesaria la aplicación de métodos específicos que permitan la caracterización de la abundancia de las poblaciones silvestres, los cuales varían en función de las particularidades de cada grupo.

Mediante la estimación de la densidad poblacional es posible comparar los efectos de determinadas intervenciones humanas o condiciones ambientales. Este atributo puede ser obtenido a través de muestreos y, a su vez, es posible estimar parámetros poblacionales que sintetizan características demográficas de las poblaciones. Habrá que considerar que, el recuento total de individuos de una población es impracticable por razones operativas y elevado costo, por lo que se recurre a estimaciones de la densidad media y su varianza, a través de muestreos (Martella, et al. 2012²⁰⁰).

Ahora bien, retomando los resultados obtenidos de la caracterización de fauna en el AeP, hay poca riqueza, aunque una abundancia media; esto probablemente originado por la presión originada por el cambio de uso de suelo, la presencia de ganado y las alteraciones antrópicas que prevalecen en el área.

La superficie del AeP es de 322.36 ha, de las cuales 239.8057 ha corresponden a parcelas agrícolas y las restantes 82.5586 ha cuentan con cubierta vegetal de tipo matorral crasicaule y vegetación secundaria de matorral crasicaule. La composición florística del AeP se compone de 38 especies, distribuidas en cuatro estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y cactáceas-epífitas; de las cuales, 19 de ellas son consideradas como endémicas y dos más se encuentran en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la biznaga partida peluda (*Coryphantha elephantidens*) considerada como amenazada (A) y la biznaga de espinas pubescentes (*Mammillaria crinita* subsp. *crinita*) que se encuentra sujeta a protección especial (Pr). Las poblaciones de ambas especies sufren presiones antrópicas debido a la modificación de sus hábitats y la extracción ilegal para su venta como planta de ornato.

La comunidad de matorral crasicaule está conformada por 34 especies: tres árboles, ocho arbustos, catorce herbáceas y nueve cactáceas-epífitas; mientras que la vegetación secundaria de matorral crasicaule se conforma de veinticinco especies: cuatro árboles, siete arbustos, nueve herbáceas y cinco cactáceas. El índice de Shannon determinado para el matorral crasicaule oscilo entre 0.44 a 1.52; mientras que en la vegetación secundaria, los valores oscilaron entre 0.63 a 1.51, lo que denota un ecosistema en mal estado y perturbado, situación que fue analizada y demostrada en el apartado correspondiente (Tabla IV.49).

Tabla IV.49 Valores del índice de diversidad de Shannon

Estrato	Índice de Shannon	
	MC	Vsa/MC
Arbóreo	0.8782	1.0182
Arbustivo	1.5244	1.5079
Herbáceo	1.5257	0.6272
Cactáceas	0.4447	0.8907

En lo que respecta a la fauna registrada, en el AeP se registraron 19 especies, distribuidas en tres grupos: reptiles, aves y mamíferos; con 100 avistamientos en total. Se registraron siete individuos de dos reptiles, 76 de dieciséis aves y 17 avistamientos de mamíferos. Derivado de que únicamente se registraron dos especies de reptiles, no fue posible llevar a cabo el análisis de diversidad; el índice obtenido para las aves fue de 2.106, lo que denota un ecosistema moderado; mientras que para los mamíferos el valor de diversidad es de 1.542, que indica que el ecosistema se encuentra perturbado y la diversidad baja (Tabla IV.50).

Tabla IV.50 Valores de diversidad de la fauna registrada

Grupo	Riqueza (S)	Índice de Shannon
Reptiles	2	-
Aves	11	2.106
Mamíferos	6	1.542

Ninguna de las especies registradas se encuentra protegida de acuerdo a los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019), las dos especies de reptiles son consideradas como endémicas y en el libro rojo de la UICN, todas las especies se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC).

Considerando la información presentada en los apartados correspondientes, así como la información presentada en el presente apartado, será posible llevar a cabo el análisis e identificar los impactos potenciales que la implementación del proyecto pueda ocasionar a las poblaciones y comunidades presentes en el AeP.

Biodiversidad

El concepto de biodiversidad indica la variedad de la vida, e incluye varios niveles de la organización biológica. Engloba a la diversidad de especies de plantas, animales,

hongos y microorganismos que habitan un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. Incluye también los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes; siendo que, en cada nivel, desde genes hasta paisaje o región, es posible reconocer tres atributos: composición, estructura y función.

La composición es la identidad y variedad de los elementos (engloba las especies presentes y cuántas hay), la estructura se refiere a la organización física o el patrón del sistema (incluye abundancia relativa de las especies, abundancia relativa de los ecosistemas, grado de conectividad, entre otros) y la función son los procesos ecológicos y evolutivos (incluye la depredación, competencia, parasitismo, dispersión, polinización, simbiosis, ciclo de nutrientes, perturbaciones naturales, entre otros; CONABIO 2019²⁰¹).

A través de la biodiversidad es posible describir el grado de integridad de los ecosistemas dentro del SAR, mediante la caracterización de flora y fauna es posible llevar a cabo un análisis de este componente utilizando un enfoque de escalas que permita evaluar la condición a nivel local, entre sitios o regional (alfa, beta y gama respectivamente), utilizando atributos como la riqueza, diversidad, grupos funcionales o especies sensibles.

Como se ha mencionado previamente, el AeP es un área con baja riqueza y diversidad, tanto de flora como de fauna, con valores que reflejan un mal estado de los ecosistemas y perturbación, así como una diversidad baja a muy baja; excepto para el grupo de las aves, aunque las especies registradas de este grupo pueden llevar a cabo sus actividades en ecosistemas perturbados, lo cual influye en incrementar la diversidad del sitio.

Al considerar los criterios para asignar valor biológico, amenaza o riesgo y oportunidad de conservación, los cuales son utilizados en la valoración de las regiones terrestres prioritarias (RTP), así como tener en cuenta los criterios de evaluación de las RTP-100 Cerro Zamorano, RTP-101 Sierra Gorda – Río Moctezuma, RTP-102 Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental y RTP-110 Sierra de Chincua, los valores de biodiversidad del AeP son los más bajos, ya que de la evaluación solo se alcanzaron 18 puntos, lo que denota que el AeP es un área con una baja diversidad y alto deterioro antrópico (Tabla IV.51).

Tabla IV.51 Criterios para asignar valor biológico, amenaza o riesgo y oportunidad de conservación

CRITERIOS		RTP-100	RTP-101	RTP-102	RTP-110	AeP
VALOR BIOLÓGICO	Integridad ecológica funcional de la región	3	3	4	2	0
	Función como corredor biológico	1	3	3	3	0
	Fenómenos naturales extraordinarios	0	0	2	3	0
	Presencia de endémismos	2	2	2	1	1
	Riqueza específica	2	3	2	2	1

CRITERIOS		RTP-100	RTP-101	RTP-102	RTP-110	AeP
	Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles	0	0	2	0	0
AMENAZA O RIESGO	Pérdida de superficie original	2	2	2	3	3
	Nivel de fragmentación de la región	2	2	3	3	3
	Cambios en la densidad poblacional	1	2	1	3	3
	Presión sobre especies clave	1	2	3	3	0
	Concentración de especies en riesgo	0	3	2	1	1
	Prácticas de manejo inadecuado	2	3	3	3	3
OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado	0	1	2	1	1
	Importancia de los servicios ambientales	2	2	3	3	1
	Presencia de grupos organizados	1	1	1	3	1
TOTAL		19	29	35	34	18

Ecosistemas

Debido al creciente interés que se ha despertado en los últimos años en los problemas ambientales, la palabra ecosistema se ha integrado al vocabulario común, a pesar de que muy pocos conocen el verdadero significado del término, así como la importancia del concepto en el uso y conservación de los recursos naturales.

Los ecosistemas se caracterizan por: 1) ser sistemas abiertos; 2) estar formados por elementos tanto bióticos como abióticos; 3) poseer componentes que interactúan estableciendo mecanismos de retroalimentación; 4) presentar interacciones que establecen redes tróficas (alimenticias) e informacionales; 5) estar estructurados jerárquicamente; 6) cambiar en el tiempo; y 7) poseer propiedades emergentes (Maass y Yrizar, 1990²⁰²; Tabla IV.52).

Tabla IV.52 Características de los ecosistemas

Característica	Descripción
Carácter abierto	Los ecosistemas están abiertos a la entrada y salida de materia y energía. Lo que constituye una salida para un ecosistema dado, representa una entrada para otro ecosistema colindante. Así, por ejemplo, la pérdida (salida) de suelo y nutrientes por efectos de la erosión hídrica en un ecosistema boscoso bajo explotación, constituye la entrada de sedimentos y nutrientes en el lago localizado río abajo.
Componentes	Los ecosistemas son sistemas naturales en donde los componentes o elementos que los conforman son tanto de origen biótico como abiótico. Los primeros incluyen a todos los seres vivos. Los componentes abióticos por su parte, son entidades tales como el suelo, la atmósfera, la roca madre, el agua, etc.
Mecanismos de retroalimentación	Cada elemento, componente o unidad de un sistema puede existir en diferentes estados, de tal forma que el estado seleccionado se determina basándose en las interacciones con los demás elementos en el sistema. Estas interacciones recíprocas entre los elementos del sistema son conocidas como mecanismos de retroalimentación.
Interacciones	En los ecosistemas existe un subsistema primario en donde la interacción que se establece entre sus componentes es, generalmente (y no solamente), de tipo trófica (alimentación). La energía fluye y los materiales circulan en torno del ecosistema por procesos que también son parte integral del mismo. Existe un subsistema secundario constituido por una red de mensajeros físicos y químicos, análogo, pero

Característica	Descripción
	mucho menos visible a los sistemas hormonales y nerviosos de los organismos (Odum, 1986203). Odum los describe como los “factores, procesos e interacciones, que se conocen como historia natural y que sirven para controlar el movimiento o transformación de materia y la energía”. Dentro de estos tenemos a las señales que proveen el medio físico, químico y biológico, tales como sonidos, sabores, olores, presiones, campos magnéticos, etc.
Carácter jerárquico	La gran diversidad de los procesos ecológicos ocurre dentro de un amplio espectro de escalas de tiempo y espacio, y están asociados a diferentes niveles de organización del ecosistema. Para explicar eventos y fuerzas en un ecosistema, se debe percibir estructura, orden y relaciones. La teoría jerárquica es una base sólida para lograrlo, pues debido a la complejidad inherente a los ecosistemas, ha sido necesario formar y distinguir niveles jerárquicos dentro del mismo, abordando de una manera integrada cada nivel.
Cambios en el tiempo	Estrictamente hablando, los ecosistemas no evolucionan. El control genético de las poblaciones y la selección natural no operan a nivel sistema, sino de sus componentes individuales. Sin embargo, la vida y la evolución son sólo posibles dentro del contexto y restricciones que impone el ecosistema. La biota del ecosistema refleja el ambiente físico en el que se desarrolla, por lo que, si el medio cambia, ésta lo hará también (Patten, 1975204). De igual forma, el medio físico está fuertemente influido por los organismos que sustenta; cambios drásticos en la cobertura vegetal, por ejemplo, traen consigo transformaciones importantes del medio físico.
Propiedades emergentes	Conforme se combinan componentes para formar sistemas más grandes y complejos, nuevas propiedades aparecen; esto es, el todo es más que la suma de sus partes.

La enorme diversidad biológica de nuestro país no solo se refleja en el gran número de especies, sino además en la enorme diversidad de ecosistemas, así como de procesos ecológicos que son producto de la relación de los organismos entre sí y con su ambiente. Componentes bióticos y abióticos conforman ensamblajes integrados mediante procesos funcionales de corte físico, químico y biológico, en los que el agua, la energía y los materiales fluyen y se transforman (CONABIO, 2008²⁰⁵). El análisis se hace utilizando el marco conceptual del Millennium Ecosystem Assessment, que reconoce cuatro grandes tipos de servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas: de **provisión**, de **regulación**, **culturales** y de **soporte**. Los servicios de provisión son aquellos tangibles, recursos finitos, aunque renovables, de apropiación directa que se pueden medir, cuantificar e incluso valorar económicamente (madera, frutos, agua, etc.). Además de estos servicios de provisión directa, los ecosistemas naturales proporcionan mecanismos de regulación de la naturaleza, gracias a los cuales la población humana obtiene diversos beneficios. Estos servicios de regulación resultan de la existencia de propiedades emergentes de los ecosistemas, que son aquellas que se expresan en el ecosistema completo, pero no en sus partes por separado (control de inundaciones, la resistencia a los incendios, el mantenimiento de la fertilidad edáfica). Otro grupo de servicios se refieren a los de tipo cultural, cuya importancia surge de la percepción individual o colectiva de su existencia. Estos dependen en gran medida del contexto cultural y son fuente de inspiración para el espíritu humano (la belleza escénica de un cuerpo de agua, el aire fresco y limpio, la sombra de un ahuehuate milenario, etc.). Por último, hay una larga lista de servicios ambientales poco conocidos y menos entendidos, pero muy importantes pues dan soporte a los anteriores. Estos, conocidos como “servicios ecosistémicos de **soporte**”, son precisamente los procesos ecológicos básicos que

mantienen el ecosistema. Se trata de los procesos funcionales relacionados con la entrada, salida, almacenamiento y flujos internos de agua, energía y elementos minerales en el ecosistema. Aunque no necesariamente suponen un beneficio directo para la sociedad, los servicios de soporte hacen posible los otros tres tipos de servicios ambientales.

Se identificaron 25 procesos ecológicos que, dada su importancia en el control de la dinámica funcional de los ecosistemas, deben ser identificados, evaluados y descritos (Tabla IV.53). Estos fueron catalogados en tres grandes tipos: 1) aquellos ligados con la dinámica hidrológica del ecosistema; 2) los relacionados con la disponibilidad y el flujo de energía, y 3) los de corte biogeoquímico involucrados en la dinámica de elementos minerales en el ecosistema. La mayoría de estos procesos ocurren en todos los ambientes; sin embargo, algunos solo ocurren en ambientes acuáticos y otros son más bien terrestres.

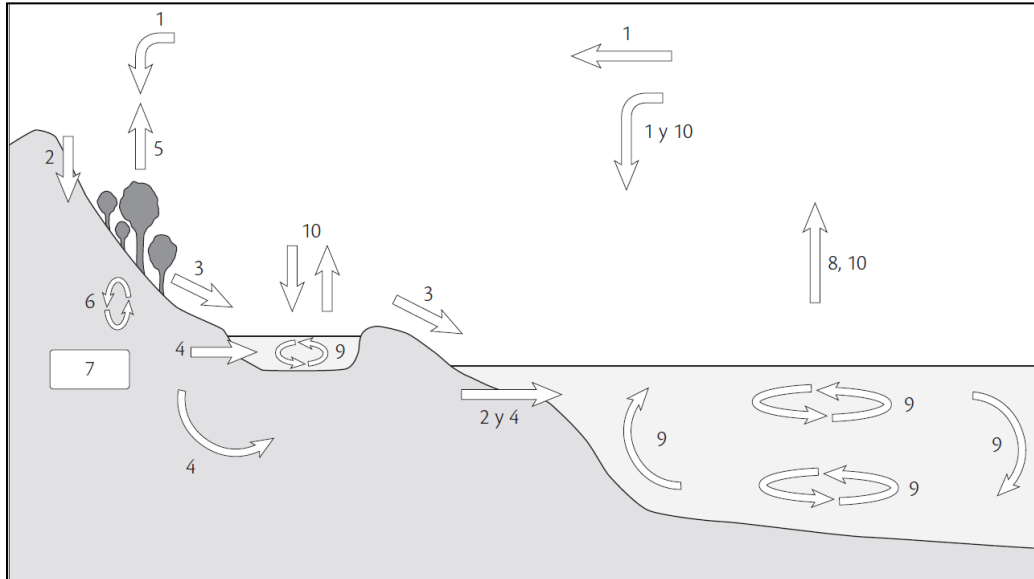
Tabla IV.53 Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas

Dinámica hidrológica	Dinámica energética	Dinámica biogeoquímica
1(*) ingreso de agua en forma de lluvia	11(*) Ingreso de energía por radiación solar	16(*) Estrada de materiales por lluvia y viento
2(T) Infiltración y percolación	12(*) Albedo	17(*) Emisiones de gases N ₂ O, CH ₄ , CO ₂
3(T) Escorrentía superficial	13(*) Almacenes de biomasa	18(*) Descomposición de materia orgánica
4(T) Escorrentía basal	14(*) Productividad primaria	19(*) Almacenes de carbono y nutrientes
5(T) Evapotranspiración	15(A) Quimioautotrofia	20(*) Fijación de nitrógeno
6(T) Dinámica del agua en el suelo		21(*) Flujos de materia orgánica y minerales
7(T) Almacenamiento de agua en el suelo		22(T) Reciclaje de nutrientes
8(A) Evaporación		23(T) Arrastre de materiales por erosión
9(A) Conectividad por corrientes y masa de agua		24(T) Lixiviación de materiales
10(A) Balance de energía en ecosistemas acuáticos		25(A) Surgencias marinas

Abreviaturas: T= ambientes terrestres, A= Ambientes marinos, *= ambos ambientes

Dinámica hidrológica: La lluvia es la principal vía de ingreso de agua en los ecosistemas terrestres, mientras que el agua de escorrentía y los flujos subterráneos son vías más importantes en humedales y ecosistemas epicontinentales. La fuerza con la que la lluvia impacta al suelo en ecosistemas terrestres determina el grado de erosión. Esto es, lluvias muy intensas rompen el balance de material en la superficie, deteriorando con ello las tasas de infiltración, aumentando las tasas de escorrentía superficial y con ello el arrastre de suelo. A su vez, la dinámica del agua en el suelo está controlada por la gravedad, la capacidad de retención de humedad en el suelo y su potencial hídrico. Una vía importante de salida de agua tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos es la evapotranspiración, que además consume una buena parte de la energía disponible. Por ello en los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, el análisis de los balances de energía permite entender su dinámica hidrológica.

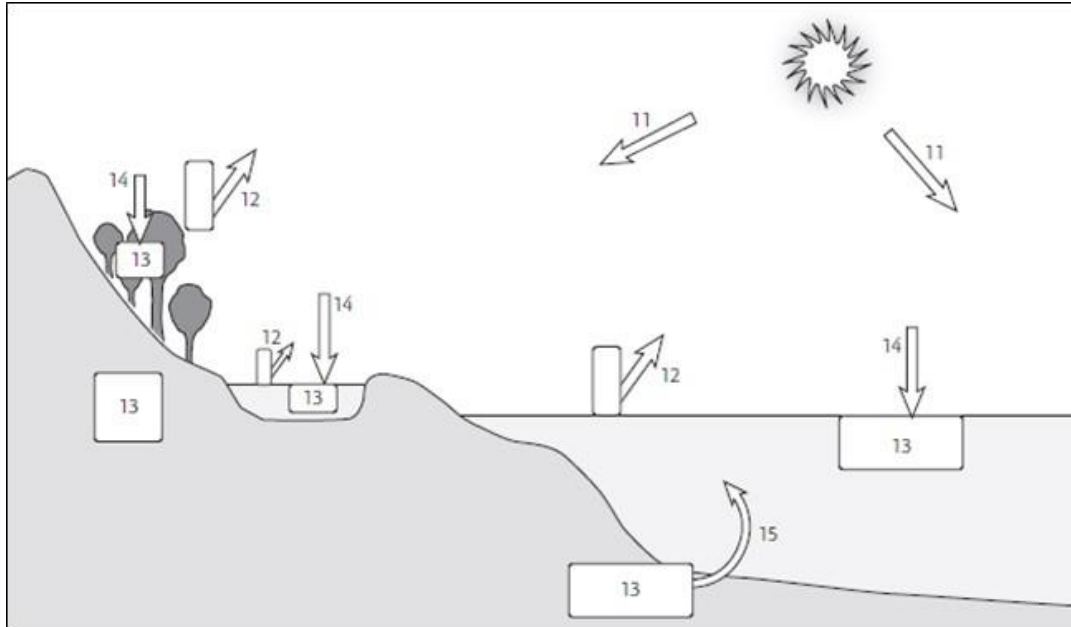
Figura IV.33 Procesos hidrológicos del ecosistema (CONABIO, 2008).



La numeración corresponde a la lista de procesos de la Tabla IV.53

Dinámica energética: La radiación solar es la principal fuente de energía para los ecosistemas acuáticos y terrestres. Del total de la energía que llega y se queda en el ecosistema (radiación neta), una fracción muy pequeña es fijada mediante la fotosíntesis. Este proceso, que no utiliza más allá de 2% de la radiación neta, representa la fuente más importante de alimento para la red trófica. El resto de la energía interviene en los procesos de evaporación del agua y calentamiento del aire, al suelo y los cuerpos de agua. Dada la importancia de la energía fijada por la fotosíntesis se han desarrollado estrategias metodológicas para estimar el proceso a escala regional que incluye el análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). El NDVI es un índice espectral que obtiene por medio de sensores remotos desde distintas plataformas satelitales y que se ha utilizado como estimador de la fotosíntesis de ecosistema. La biomasa representa recursos (materia orgánica, nutrientes, energía) almacenados en un ecosistema, por lo que su variación brinda información sobre la dinámica del “capital” de recursos del ecosistema (Figura IV.34).

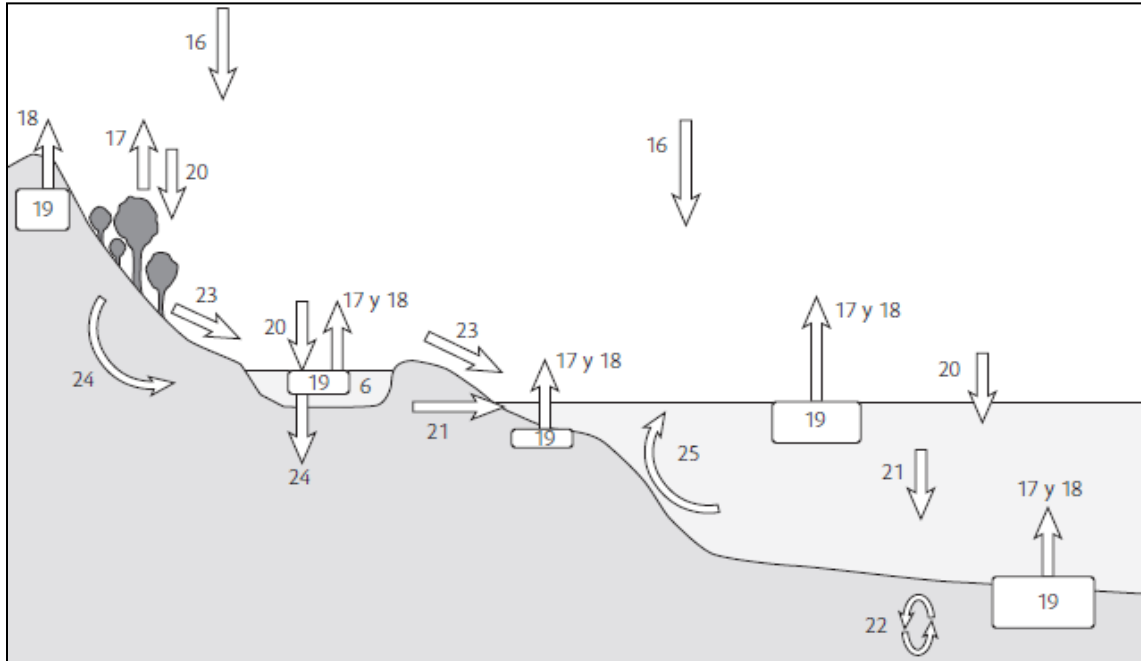
Figura IV.34 Procesos energéticos del ecosistema (CONABIO, 2008)



La numeración corresponde a la lista de procesos de la Tabla IV.53. Las flechas representan flujos y las cajas almacenes

Dinámica biogeoquímica: Mediante los procesos de descomposición de la materia orgánica, los elementos minerales utilizados por los organismos en su crecimiento son reciclados en el ecosistema. Además de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, este proceso de mineralización libera grandes cantidades de CO₂ producto de la respiración microbiana. Por ello la estimación de los almacenes de carbono en los ecosistemas es fundamental para entender las consecuencias de la transformación de los ecosistemas naturales y las emisiones de bióxido de carbono a escalas regional y nacional. En el caso de los ecosistemas marinos, la exportación del material orgánico particulado se ha reconocido como la ruta principal de transporte de carbono y bioelementos hacia el piso oceánico y tiene un papel importante en los ciclos biogeoquímicos dentro del océano. Respecto a los sistemas epicontinentales, los estudios de sistemas lénticos mexicanos (lagos, presas) son escasos y se circunscriben a los principales lagos (Chapala, Jalisco); por otro lado, los ambientes lóuticos (ríos y arroyos) son prácticamente desconocidos desde un punto de vista limnoecológico). La eutrofización, derivada del vertimiento de aguas residuales y fertilizantes a los cuerpos acuáticos, es uno de los principales problemas hoy día en México. La eutrofización conlleva al incremento desmedido de biomasa algal o de plantas vasculares (lirio acuático) que, ya sea por su gran cantidad o su baja palatabilidad, terminan siendo exportados al fondo de lagos y embalses (Figura IV.35).

Figura IV.35 Procesos biogeoquímicos del ecosistema (CONABIO, 2008)



La numeración corresponde a la lista de procesos de la de la Tabla IV.53. Las flechas representan flujos y las cajas almacenes

De acuerdo a lo antes expuesto tenemos que, para el SAR el cual se encuentra casi en su totalidad en el estado de Hidalgo, cuenta con áreas con ecosistemas donde los procesos funcionales son mayores que los del AeP. La zona de implementación del proyecto, como se ha evidenciado a lo largo del presente capítulo, se encuentra altamente perturbada, principalmente por las actividades humanas, hasta el punto de desplazar los remanentes de vegetación hacia áreas específicas, las cuales aún conservan parte de su vegetación natural, aunque su grado de deterioro es alto, tal como se evidenció con los índices de diversidad. Ahora bien, las áreas remanentes en el SAR, si bien no son consideradas como áreas prioritarias o con un estatus de protección, aun generan servicios ecosistémicos (SE), que benefician a los habitantes.

Los SE son todos los beneficios que obtenemos de los ecosistemas como el agua dulce, los alimentos, la regulación del clima, el control de la erosión y las plagas, el reciclaje de nutrientes, la formación de suelo y producción de oxígeno, así como la belleza escénica, cultural o espiritual de muchos sitios. En este contexto, los SE generados dentro del SAR, son aportados por los diferentes remanentes de vegetación presente dentro de sus superficies y que aportan diferentes servicios.

Cabe resaltar que, los ecosistemas presentes en el AeP, aun y cuando conservan vegetación forestal, las áreas forestales presentes en el SAR cuentan con condiciones mejor conservadas que las del AeP y su aporte de SE es mayor. En este sentido se puede concluir que el

proyecto no impactará de forma significativa los remanentes ecosistémicos ni SE, ya que el proyecto se implementará en una zona altamente perturbada.

IV.3.3 Medio socioeconómico

Siendo que el objetivo de este apartado es identificar y describir los indicadores socioeconómicos que reflejen cuál es la calidad de vida de la población en el área más inmediata al proyecto, con el fin de analizar qué beneficios o afectaciones sociales podrían derivar del desarrollo del mismo, se eligieron como marco de análisis los siguientes rubros:

- ✓ Emigración
- ✓ Economía local
- ✓ Presencia de grupos indígenas y sitios arqueológicos
- ✓ Sistema de salud

Todos los anteriores caracterizados para el estado de Hidalgo y el municipio de Nopala de Villagrán, donde se localizará el proyecto.

➤ Emigración

De acuerdo con el anuario de migración y remesas de México (2019)²⁰⁶, Hidalgo exhibe un mayor flujo emigrante que inmigrante (Figura IV.36), colocándose en el octavo lugar a nivel nacional con población emigrante hacia los Estados Unidos de América (INEGI, 2018)²⁰⁷.

Hasta el 2010, en el municipio de Nopala de Villagrán se registró una población de 15,666 habitantes (7,689 hombres y 7,977 mujeres), con una densidad poblacional de 45.77 habitantes/km² (INEGI, 2010²⁰⁸); sin embargo, de acuerdo con la SEDESOL, 2014²⁰⁹ (ahora, Secretaría del Bienestar), el municipio cuenta con localidades de marginación alta y muy alta. Derivado de ello, Franco-Sánchez (2012)²¹⁰ clasifica a este municipio como uno de los 10 principales municipios expulsores de población, por su alto índice de marginación, junto con Tizayuca, Juárez Hidalgo, Chapatongo, Eloxochitlán, Nicolás Flores, Agua Blanca, Tlanalapa, Almoloya y Tula De Allende, apuntando a que la mayoría de los casos migrantes con seguridad deben coincidir con la mayor causa de emigración para México que corresponde a la búsqueda de trabajo en otros lugares^{XIX}.

^{XIX} El 67.7% de las causas de emigración en México corresponden a "buscar trabajo o trabajar", de acuerdo con la encuesta nacional de dinámica demográfica 2018 (INEGI, 2018 Op Cit).

Figura IV.36 Flujo de migración en el Estado de Hidalgo



En este contexto, se prevé que la construcción del proyecto represente una fuente de empleo alternativa que si bien será temporal, podrá contribuir a disminuir el índice de emigración dentro del municipio a través de la retención poblacional por al menos 2 años (tiempo estimado para la etapa de preparación del sitio y construcción).

➤ **Economía local**

Con la finalidad de visualizar la importancia del aspecto económico y laboral en la migración, se presentan los siguientes datos.

El producto interno bruto (PIB) estatal alcanzó 276,784 millones de pesos en el 2014, contribuyendo en ese año con aproximadamente el 2.8 % del PIB nacional, donde el PIB *per cápita* (PPC), que es un indicador que relaciona el tamaño de la economía con el de la población, fue de 97,364 pesos (INEGI, 2016²¹¹), mientras que en el municipio de Nopala de Villagrán se registró un PPC de 35,384 pesos (COESPO, 2015)²¹², representando apenas el 24% del PPC nacional (145,158.7 pesos) (Tabla IV.54).

Tabla IV.54 Producto interno bruto per cápita nacional, estatal y municipal

PPC (\$MXN)		
Nacional	Estatal (Hidalgo)	Municipal (Nopala de Villagrán)
145,158.7	97,364.0	35,384.0

El sector económico más importante en contribuir al PIB estatal antes referido, corresponde al de la industria manufacturera que concentró más de la cuarta parte del PIB estatal, mientras que las actividades económicas primarias como la agricultura, la ganadería, el aprovechamiento forestal, la pesca y caza representan tan sólo el 3.7 % (INEGI, 2016 Op Cit.) (Tabla IV.55). De esta información se desprende la razón del PPC notablemente menor que presenta el municipio de Nopala de Villagrán, toda vez que en éste las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura, donde se concentra el mayor porcentaje de

población ocupada, 32.31 % (COESPO, 2015 Op Cit.) (Tabla IV.56). A nivel municipal los principales cultivos son el maíz, avena forrajera, cebada, trigo y frijol. La agricultura es principalmente de temporal, aunque en algunos sitios se cuenta con un riego de auxilio o punta de riego.

Tabla IV.55 Contribución de las actividades económicas al PIB estatal

Contexto (2014)	Contribución al PIB Estatal por tipo de actividades (%)		
	Primarias	Secundarias	Terciarias
Nacional	3.3	34.4	62.3
Estatad (Hidalgo)	3.7	42.0	54.3

Tabla IV.56 Porcentaje de población ocupada por actividad económica en Nopala de Villagrán

Sexo	Población ocupada	Sector de actividad económica				
		Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
Hombres	3,892	42.68	32.84	7.09	16.73	0.67
Mujeres	1,518	5.73	19.83	22.66	49.60	2.17
Total	5,410	32.31	29.19	11.46	25.95	1.09

Dentro de los beneficios socioeconómicos derivados de la construcción del proyecto, está la derrama económica que generará el proyecto por el consumo de alimentos y obtención de servicios básicos dentro de las áreas inmediatas a éste, favoreciendo los sectores económicos menos activos en el municipio. Cabe mencionar que al tratarse de un área perturbada por el desarrollo de la agricultura y la ganadería, si bien el proyecto no causará desequilibrios ecológicos, tampoco interferirá con fuentes de origen ecológico que provean a los pobladores de recursos económicos.

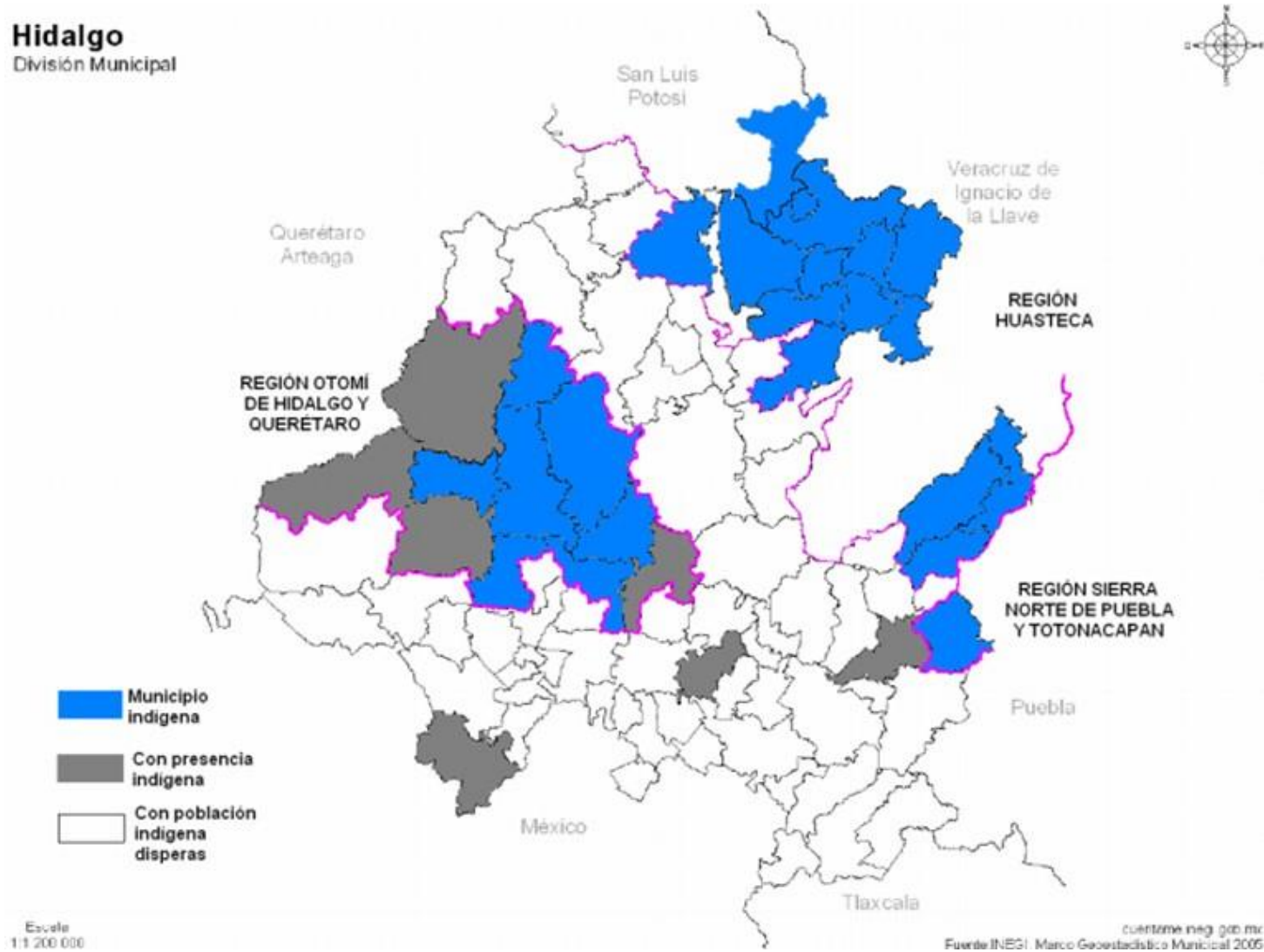
➤ **Presencia de grupos indígenas y sitios arqueológicos**

Hidalgo cuenta con 84 municipios, de los cuales 23 son municipios indígenas, 7 tienen presencia indígena y 54 tienen población indígena dispersa^{xx} (CDI-PNUD, 2010)²¹³.

De lo anterior, deriva que dentro del SAR se registra la presencia de municipios de las tres categorías (Figura IV.37) con presencia de pueblos Otomíes (figura IV.38); particularmente, **el municipio de Nopala de Villagrán se encuentra dentro de la categoría de “municipio con población indígena dispersa”**, registrando en el 2015 una población de 1,700 personas auto adscritas (tabla Iv.57) y y 28 hablantes, con 5 años o más, de lengua indígena (Tabla IV.58) (COESPO, 2015 Op Cit.).

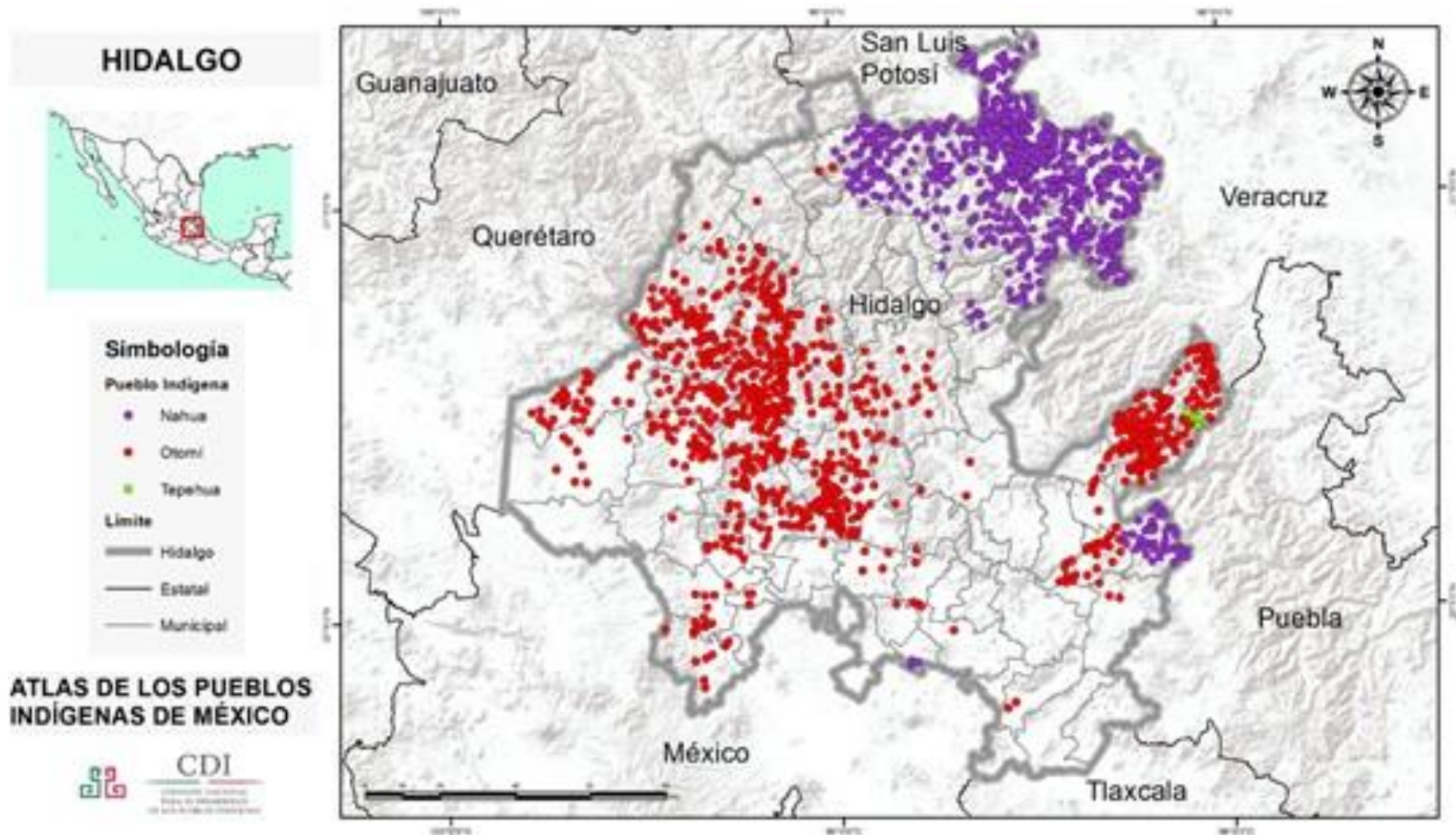
^{xx} Existen tres categorías para la distribución indígena en municipios: 1) *municipios indígenas*, donde la Población Indígena (PI) representa el 40% o más de la población total; a) *municipios con presencia indígena*, aquellos con menos del 40% de población indígena respecto a la población total, y donde la población indígena es de 5,000 o más personas, así como aquellos municipios con menos de 40% de población indígena y presencia de lenguas minoritarias, y 3) *municipios con población indígena dispersa*, aquellos con menos de 40% de población indígena y menos de 5,000 indígenas que pertenecen a la categoría.

Figura IV.37 Municipios con población indígena de Hidalgo



Obtenido de: CDI-PNUD, 2010 *Op Cit.*

Figura IV.38 Pueblos indígenas con mayor presencia en Hidalgo, al 2015



Obtenido de: http://atlas.cdi.gob.mx/?page_id=11784

Tabla IV.57 Población indígena auto adscrita, en Nopala de Villagrán

Grupos de edad (años)	Condición de auto adscripción étnica		
	Población adscrita	Población masculina	Población femenina
0-14	362	192	170
15-24	280	121	159
25-65	808	404	404
>65	250	132	118
Total	1,700	849	851

Tabla IV.58 Población de 5 años o más, hablante de lengua indígena en Nopala de Villagrán

Sexo	Población de 5 años o más			
	Hablante de lengua indígena	Bilingüe	Monolingüe	No especificado
Hombres	10	6	0	4
Mujeres	18	8	0	10
Total	28	14	0	14

Adicional a lo anterior, se cuenta con el registro en Nopala de Villagrán, de un sitio arqueológico que corresponde al cerro de Cutejhé, ubicado en la comunidad de Maravillas, cuya distancia es a poco más de 18 km en su punto más cercano respecto al área de establecimiento del proyecto.

En este contexto, la pretendida ubicación del proyecto no incidirá con comunidades indígenas ni sitios de valor cultural, por lo que no se prevén problemas sociales derivados de estos factores.

➤ **Sistema de salud**

Este rubro se ha incluido en virtud de la emergencia sanitaria que ha acaecido a nivel mundial a causa de la pandemia de COVID-19, ya que si bien se recurrirá a la contratación de personas locales, también es un hecho que el desarrollo del proyecto involucrará movimiento entrante de personas a partir de diversos destinos tanto nacionales como internacionales por el personal encargado tanto de su gestión como ejecución, por lo cual resulta relevante conocer el contexto sobre el cual se ha desarrollado esta enfermedad en el área que nos ocupa, así como contar con un panorama de los servicios médicos disponibles en el área inmediata al proyecto.

En este sentido, hasta el 19 de junio de 2020, en Hidalgo se ha presentado un aumento de casos positivos a COVID-19, mostrando un aumento de 0,75 casos positivos por cada 100,000 habitantes y registra un total de 3,040 casos. El municipio de Nopala de Villagrán ha sido de los menos afectados con un registro total de 2 casos positivos y cero defunciones; sus municipios colindantes, Chapantongo y Huichapan, registran al momento 1 caso / 0 defunciones y 24 casos

/ 7 defunciones respectivamente^{XXI}. Aunado a lo anterior, se estima que el 19% de la población de Nopala, es población de riesgo^{XXII} (Tabla IV.59), pero el 86.71 % de su población cuenta con afiliación a algún servicio de salud (COESPO, 2015 Op Cit).

Tabla IV.59 Población de riesgo a COVID-19 en Nopala de Villagrán

POBLACIÓN DE RIESGO			
DIABETES	HIPERTENSIÓN	OBESIDAD	>60 AÑOS
269	408	187	2052

Tabla IV.60 Población de Nopala de Villagrán afiliada a servicios de salud (COESPO, 2015 Op Cit)

Sexo	Población total	Condición de afiliación a servicios de salud por tipo de institución (%)								
		Afiliada							No derechohabiente	No especificado
		Total	IMSS	ISSSTE	PEMEX, Defensa o Marina	Seguro popular o para una nueva generación	Institución privada	Otra institución		
Hombres	8,258	83.93	9.44	2.61	0.32	88.56	0.09	0.12	15.9	0.17
Mujeres	8,638	89.36	7.06	3.15	0.31	90.4	0.1	0.21	10.5	0.14
Total	16,896	86.71	8.18	2.89	0.31	89.53	0.1	0.16	13.14	0.15

Por otro lado, el municipio cuenta con 10 unidades médicas en servicio de diversas instituciones del sector salud, pero únicamente para consulta externa (Tabla IV.61), por lo que el hospital más cercano se ubica en Huichapan, la Unidad Médica Regional de Atención a la Gestación y al Neonato, que fue reacondicionada para atender a los pacientes del virus Sars-CoV-2 y cuenta con 10 camas de hospitalización y 15 camas de terapia intensiva.

Tabla IV.61 Unidades médicas en Nopala de Villagrán por institución del sector salud (COESPO, 2015 Op Cit)

Nivel	Total	Seguridad social			Asistencia social		
		IMSS	ISSSTE	PEMEX, SEDENA	IMSS - PROSPERA	SSAH	DIF
Consulta externa	10	0	1	0	2	7	0
Total	10	0	1	0	2	7	0

IV.3.4 Paisaje

Son diversas las definiciones atribuidas al paisaje, las cuales han ido evolucionando hasta determinarlo como un valor estético, como un recurso y una combinación de elementos físicos y humanos. Al considerar al paisaje como el escenario de la actividad humana, cualquier acción artificial repercute inmediatamente en los factores perceptuales. Además, podría ser

^{XXI} Mapa municipal, COVID-19 México <<https://coronavirus.gob.mx/fHDMMap/mun.php>>

^{XXII} UAEH, Mapa COVID-19, Nopala de Villagrán <<https://www.uaeh.edu.mx/covid-19/mapa/municipio.php?m=44>>

equiparado como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre la geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas; adoptando diferentes formas de percepción. Por lo que, en términos generales, es posible definir al paisaje como el nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al ecosistema, que se caracteriza esencialmente por su heterogeneidad^{XXIII} y por su dinámica, controlada en gran parte por las actividades humanas (Muñoz, 2012²¹⁴; Burel y Baudry, 2002²¹⁵).

El factor perceptual puede ser estudiado como un indicador ambiental o cultural, pero al aproximarse a los componentes y procesos que ocurren en él, se va arribando a una visión sistémica o ecológica; por lo que, en este contexto, el paisaje se entiende como una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar en ella. Aunque, existe otro enfoque que apunta a una idea diferente, al concepto de paisaje visual, considerando más la estética y la capacidad de percepción del paisaje de un observador; siendo los elementos fundamentales del paisaje visual: a) la derivada del observador y b) la derivada del propio territorio (Muñoz, 2012).

Para comprender el funcionamiento de un espacio agrícola o forestal, evaluar el impacto de las cortas masivas, la deforestación o la eliminación de los setos sobre la fauna, la flora y los flujos de agua y nutrientes, es necesario:

- Considerar el espacio de forma explícita.
- Reconocer al hombre como parte integrante del sistema ecológico.
- Reconocer la heterogeneidad espacial y temporal de los medios estudiados.

Las fuerzas constructivas y denotativas que modelan los paisajes terrestres, operan sin cesar en el tiempo geológico, mientras que las fuerzas humanas, multiplicadas por sus numerosas herramientas tecnológicas, han alterado, en periodos muy breves, lo que la naturaleza ha modelado en millones de años. Así, los paisajes son resultado de las interacciones de la naturaleza y las actividades humanas, teniendo la distinción entre unos y otros por sus fronteras geográficas y naturales (Toledo, 2006)²¹⁶.

El paisaje puede ser observado a partir de cuatro formas básicas (Urquijo y Barrera, 2009)²¹⁷:

- ♣ Una forma *estética*: proporciona proyecciones posteriores en la pintura, fotografía, literatura o tradición oral;
- ♣ Forma *vivencial* o *utilitaria*: el paisaje se percibe como espacio proveedor de recursos;
- ♣ El paisaje *identitario*: inspira el sentimiento de pertenencia, es decir, el paisaje vivido; y

^{XXIII} La heterogeneidad se puede definir como un todo formado por elementos diferentes, inconexos y frecuentemente antagónicos. La dinámica de los sistemas ecológicos bajo la acción de perturbaciones naturales o antropógenas contribuye a su heterogeneidad espacial y temporal (Burel y Baudry, 2002).

- ♣ La óptica *científica* o *técnica*: fundamentalmente analítica y en la cual se argumenta su fragmentación para facilitar el entendimiento en conjunto.

A partir de un punto de vista ecológico, la óptica científica o técnica proporcionará una percepción paisajística que resultará en la generación de información de un determinado espacio físico. No obstante que la evaluación del paisaje se ve en dificultades por la inexistencia de un sistema efectivo para medirlo, ya que las metodologías empleadas son muy subjetivas.

Considerando los párrafos precedentes, es posible determinar que el paisaje en el presente estudio corresponde a la percepción visual que caracteriza al sistema ambiental (SAR) y el polígono del proyecto (AeP). Debido a que el paisaje es considerado como un elemento intrínseco del ambiente, se requiere involucrar dos elementos fundamentales: el primero consta de los componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (clima, hidrología, relieve, etc.) y el segundo, involucra las interacciones naturales o antrópicas que actúan sobre él (Figura IV.39).

Figura IV.39 Paisaje actual del AeP



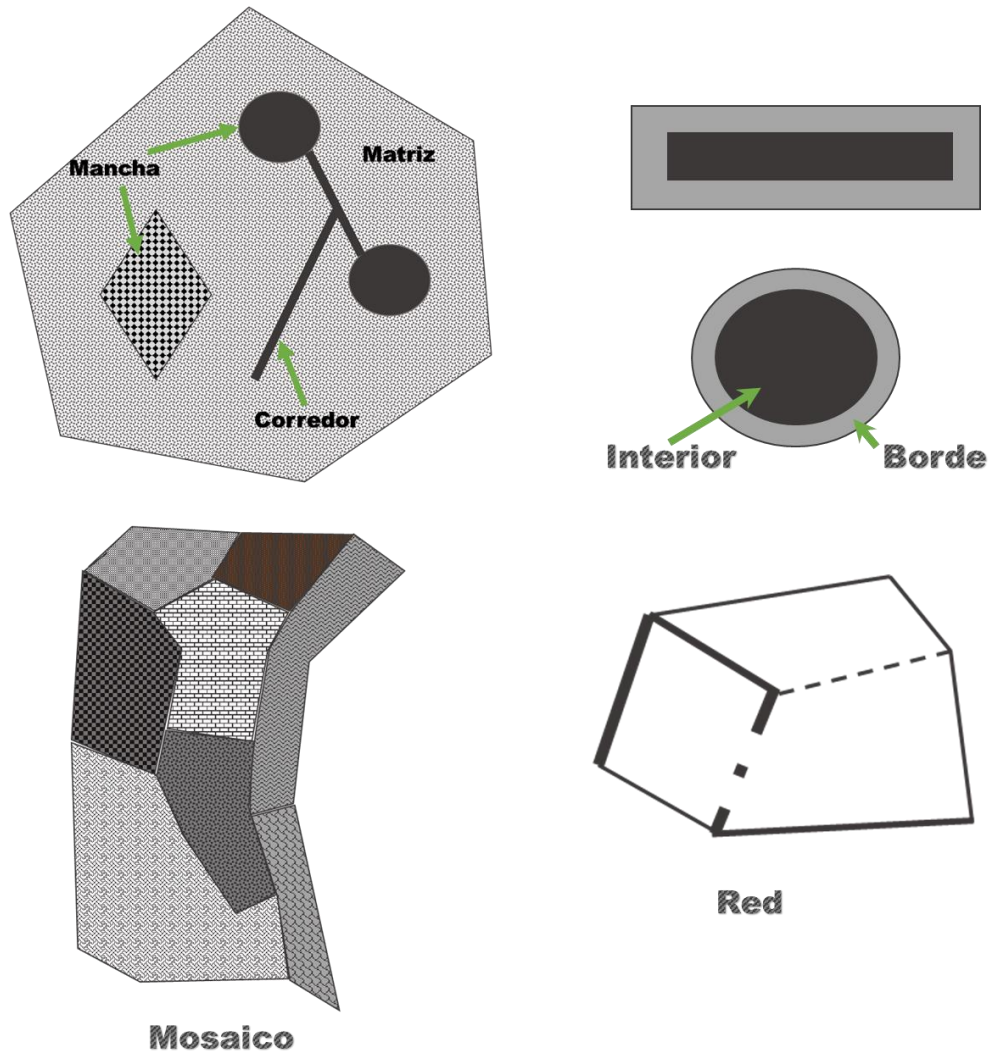
Un paisaje se encuentra conformado por una serie de elementos con propiedades particulares, los cuales brindan características específicas a este factor, y son:

- ☑ **Matriz:** es el elemento dominante, englobante, por su extensión relativa o su contribución a la coherencia del paisaje;
- ☑ **Manchas:** se encuentran en el seno de la matriz (bosquetes, viviendas);
- ☑ **Corredores** o elementos lineales cuyo rasgo más relevante es la participación en el transporte de materia, energía o seres vivos a través del paisaje;
- ☑ **Parcelas:** superficies no lineales y bien delimitadas, cuya apariencia difiere significativamente del entorno a la escala de trabajo seleccionada;
- ☑ El conjunto de las manchas constituyen un **mosaico**^{XXIV} y el conjunto de los corredores una **red**.

^{XXIV} Mosaico paisajístico: conjunto de manchas de diferente naturaleza.

En el caso de las manchas y corredores es posible diferenciar un borde, que interacciona fuertemente con la matriz o las manchas vecinas, y un medio interior, donde las interacciones son muy débiles o nulas. Cuanto más alargadas son las manchas, mayor es la proporción borde/interior. Además, la disposición espacial del mosaico y las redes constituye un Patrón paisajístico que sirve para diferenciar o comparar dos paisajes desde el punto de vista estructural (Figura IV.40).

Figura IV.40 Elementos del paisaje (Burdel y Baudry, 2011)



Mediante la identificación y caracterización de los elementos antes mencionados y, por medio de su valoración de forma conjunta es posible conseguir una valoración cualitativa del paisaje presente en el área de interés con base en los siguientes indicadores:

- ☞ **Heterogeneidad:** se refiere a la combinación de la variedad de elementos con una disposición espacial de sus pautas repetitivas.

- ☞ *Configuración*: trata de definir el modelo de distribución de los elementos con base en la localización y yuxtaposición de los mismos.
- ☞ *Fragmentación*: se caracteriza por una disminución de la superficie total de un hábitat y sus rupturas en fragmentos o islotes.
- ☞ *Contraste*: tipo de transición entre los elementos adyacentes.
- ☞ *Textura*: tamaño relativo de las unidades.
- ☞ *Formaciones singulares*: espacios es los que confluyen diferentes elementos o existe una concentración que las convierte en centros de actividad.

Es así como, la matriz que conforma el SAR está compuesta por un mosaico que integra áreas representadas por zonas agrícolas, parcelas con vegetación natural y secundaria, parcelas representadas por poblaciones, caminos, cuerpos de agua, áreas sin vegetación y elevaciones (montañas; Figura IV.41).

Figura IV.41 Mosaico paisajístico del SAR



Considerando los párrafos precedentes, la heterogeneidad del paisaje en el SAR es consecuencia del desarrollo de diversas actividades antrópicas; parte de la vegetación natural fue reemplazada por cultivos agrícolas desde poco más de tres décadas, por lo que únicamente se conservan remanentes de vegetación forestal, no obstante que la deforestación y degradación de las manchas es bastante evidente. Otra causa de fragmentación es la implantación de infraestructura representadas por carreteras, ya que el polígono donde se prevé instalar el proyecto, se encuentra dividido por una carretera estatal que comunica a las carreteras de San Juan del Río – Huichapan con la autopista Querétaro – México, mismas que se ubican al norte y sur del polígono del proyecto; además de que, tanto dentro del AeP como en las inmediaciones existen una serie de caminos pavimentados y brechas de terracería.

Considerando que el polígono del proyecto se encuentra representado por una matriz donde predomina una unidad paisajística (cultivos agrícolas), el contraste estaría dado principalmente por las parcelas remanentes de vegetación y las localidades adyacentes al polígono del proyecto, así como las vialidades existentes.

Ahora bien, a través de la evaluación visual se pretende establecer el valor escénico intrínseco del paisaje en el AeP y su grado de vulnerabilidad ante las características e infraestructura del proyecto; por lo que las siguientes variables serán evaluadas:

1. **Fragilidad visual:** se entiende como la capacidad de respuesta de un paisaje frente a un uso de él. Representa el grado de deterioro del paisaje ante cambios en sus propiedades y constituye una forma de establecer su vulnerabilidad.
2. **Calidad del paisaje:** cualidad intrínseca del mismo que indica los valores estéticos, lo cual es subjetivo al estar influido por condicionantes educativos y culturales. Este aspecto incluye tres elementos de percepción:
 - a. Características intrínsecas del AeP.
 - b. Calidad visual del entorno inmediato (entre 500 y 700 m del AeP).
 - c. Calidad del fondo escénico.
3. **Visibilidad:** rasgos que caracterizan el paisaje, como el color, la forma, línea, textura, escala y configuración espacial.

FRAGILIDAD VISUAL

La fragilidad se encuentra definida por la susceptibilidad de un área al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él; es la expresión del grado de deterioro que podría experimentar un paisaje ante la ocurrencia de determinadas actuaciones (Cifuentes, 1979)²¹⁸; es decir, que se trata de la capacidad de respuesta de un paisaje frente a interacciones humanas en él.

La fragilidad visual depende en gran parte de las características del territorio, es decir de sus factores biofísicos; los cuales son los que se componen de las características básicas del paisaje, son los que van a amortiguar o realzar las alteraciones visuales. Las variables del medio que intervienen en este factor son principalmente la cubierta del suelo y las características geomorfológicas como el relieve.

Los factores biofísicos son relativamente estáticos, ya que los cambios perceptibles son derivados de las acciones antrópicas o catástrofes naturales (Aramburu et ál., 2005)²¹⁹.

La evaluación de la fragilidad se llevó a cabo mediante el modelo general de fragilidad visual de Escribano, *et ál.* (1987)²²⁰, en el cual se lleva a cabo el análisis y clasificación de paisajes, totales o fracciones, en función de una selección de los principales componentes, que son divididos en 4 factores: biofísicos, visuales, singularidad y accesibilidad. Los componentes fueron evaluados de acuerdo a las características que mostraron los elementos de influencia de cada factor (Montoya, Padilla y Standford, 2003²²¹; Tabla IV.62).

Tabla IV.62 Factores utilizados para medir la fragilidad del paisaje

Elemento de influencia	Fragilidad visual alta	Fragilidad visual Media	Fragilidad visual Baja	Valoración en el AeP
Pendiente	Mayor a 30%, laderas muy moldeadas, erosionadas y abarrancadas o con rasgos muy dominantes.	Con valores entre 15 y 30%, vertientes con modelado suave u ondulados.	Valores entre 0 y 15%, vertientes con poca variación, sin modelado y sin rasgos dominantes.	Media
Densidad de vegetación	Espacios grandes sin vegetación. Agrupaciones aisladas, domina el estrato herbáceo.	Cubierta vegetal discontinua, dominancia del estrato arbustivo.	Grandes masas boscosas, 100% de cobertura.	Media
Contraste vegetacional	Vegetación monoespecífica, escasez de vegetación, contraste poco evidente.	Diversidad de especies media con contrastes evidentes pero no sobresalientes.	Diversidad de especies alta, contrastes fuertes e interesantes.	Media
Altura (vegetación)	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2 m de altura o sin vegetación.	No hay gran altura de las masas (<10 m) ni gran diversidad de estratos.	Gran diversidad de estratos, alturas sobre los 10 m.	Media
Tamaño de la cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 1000 m). Dominio de los primeros planos.	Visión media (1000 a 4000 m). Dominio de planos medios de visualización.	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (>4000 m).	Baja
Forma de la cuenca visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías.	Cuencas regulares extensas, generalmente redondeadas.	Media
Unicidad de paisaje	Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos.	Paisaje interesante pero habitual, sin presencia de elementos singulares.	Paisajes comunes sin riqueza visual o muy alterado.	Baja
Visibilidad	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas repentinas, escasas o breves.	Media
Compacidad	Vistas panorámicas abiertas, sin huecos ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	Presencia de zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menor incidencia visual.	Media

La fragilidad visual es de media a baja, debido a la presencia de paisajes con poca complejidad, sin grandes variaciones altitudinales, donde predominan las planicies; la vegetación natural fue desplazada y únicamente se registran remanentes de vegetación, en su mayoría modificados, predominando los cultivos agrícolas. Las cuencas visuales son extensas, de formas irregulares, con dominios de planos medios y una intervisibilidad capaz de asimilar intervenciones superficiales (Figura IV.42).

Figura IV.42 Vista panorámica del AeP



En resumen, el paisaje donde se situará el proyecto ya se encuentra altamente perturbado por actividades antropogénicas (agricultura, apertura de caminos), aunque no llega a ser un paisaje desagradable.

Calidad del paisaje

La calidad visual del paisaje corresponde al grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra forma, su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve (Blanco, 1979 –citado en Bronchalo González, 2002²²²). Para definir la calidad del paisaje se realizará la evaluación de los valores estéticos que posee éste, considerando las características intrínsecas del AeP, la calidad visual del entorno inmediato y la fragilidad del paisaje (Tabla IV.63).

Tabla IV.63 Modelo de calidad visual del paisaje (Solari y Cazorla, 2009)

Calidad visual del paisaje						
Calidad intrínseca					Grado de humanización	
Calidad fisiográfica		Usos de suelo	Calidad de la cubierta vegetal		Rutas y caminos	Núcleos urbanos
Desnivel	Complejidad topográfica	Presencia de cuerpos de agua	Diversidad de la vegetación	Calidad visual de la vegetación		

♣ Características intrínsecas del AeP

A través de las características intrínsecas se busca expresar el atractivo visual que surge a partir de las particularidades propias del área a evaluar, las cuales se encuentran definidas por la fisiografía, los tipos de ocupación del suelo, la vegetación y los cuerpos de agua.

Los paisajes dominados por formas planas tienen menor calidad, mientras que aquellos paisajes con pendientes, cambios abruptos en el relieve y valles estrechos, presentan una mayor calidad (Solari y Cazorla, 2009).

En este sentido, en el AeP la topografía es semiplana, con una diferencia altitudinal de 182 m; por lo que la calidad es menor. No obstante, el SAR presenta áreas con pendientes de hasta

50%, debido a la presencia de sierras que se encuentran dispersas en éste. La diferencia media de la parte más baja a la más alta oscila en los 680 m, diferencia causada por las elevaciones antes referidas. En este sentido, la calidad visual intrínseca del SAR es mayor por el criterio desnivel que va disminuyendo de forma gradual desde las sierras hacia las planicies de la parte central.

Ahora bien, la vegetación y los usos de suelo son un factor fundamental para la evaluación de la calidad del paisaje al ser un elemento extensivo a todo el territorio (Solari y Cazorla, 2009). En el SAR existen remanentes de vegetación dispersos, siendo muy evidente la deforestación en la zona; la vegetación remanente se encuentra representada por agaves, opuntias, yucas, encinos, matorrales y herbáceas (pastos). En el AeP se observan remanentes de vegetación que incluye ejemplares de talla media como agaves, nopales, arbustos, pastizales, algunos elementos arbóreos utilizados como linderos entre las parcelas agrícolas; por lo que, en el AeP se observa una baja diversidad de formas, lo que es indicativo de una calidad visual intrínseca baja.

Al analizar las formaciones vegetales se tiene que, en presencia de vegetación autóctona hay una mayor calidad; por lo que, el SAR presenta una calidad paisajística media a baja al contener parches de vegetación natural; mientras que en el AeP, la calidad disminuye por el cambio de uso de suelo acaecido con anterioridad, los asentamientos humanos e infraestructura presente.

En el AeP no existen cuerpos de agua naturales, aunque si se evidencia la presencia de jagüeyes, la mayoría temporales, y algunos escurrimientos de agua intermitentes; los cuerpos de agua no son un elemento dominante del paisaje, por lo que la calidad paisajística es baja.

Las estructuras artificiales y la presencia humana disminuyen drásticamente la calidad del paisaje en cualquier sitio (Montoya Ayala et ál., 2003)²²³: En el AeP existen algunas edificaciones actualmente en uso y desuso, líneas de transmisión, brechas y carreteras; por lo que la calidad del paisaje es bajo (Figura IV.43).

Considerando los párrafos precedentes, el análisis integral de la calidad paisajística en el AeP es bajo debido a las actividades antropogénicas, la poca vegetación natural, la uniformidad topográfica y la carencia de cuerpos de agua.

Figura IV.43 Componentes del paisaje presente en el AeP



♣ Calidad visual del entorno inmediato

Este elemento de percepción hace referencia a la calidad que aportan las cuencas visuales que pueden observarse desde el sitio donde se llevará a cabo el proyecto (García García, 1999)²²⁴ y que se encuentran a una distancia de 500 a 700 m de éste. Para la evaluación del entorno se utilizaron fotografías (Figura IV.44).

En términos generales, en las áreas circunvecinas del AeP se continúan las amplias planicies cubiertas con parcelas agrícolas y algunos manchones de vegetación; así como algunas formaciones montañosas que albergan vegetación forestal, siendo que las más próximas se localizan en la parte este y oeste del polígono, lo cual incrementaría la calidad visual del entorno, aunque predomina una homogeneidad cromática y rasgos dominantes del paisaje hacia los puntos de observación más lejanos.

Hacia el norte del AeP, a 0.87 km del AeP se localiza la carretera federal 45 Huichapan – San Juan del Río y a 4.48 km al este – sureste se encuentra la autopista 57 Querétaro – México; a 4.9 km se ubica el poblado de Polotitlán, a 2.5 km se ubica el poblado de El Fresno y a 1.9 km se encuentra el poblado de Guadalupe.

Figura IV.44 Calidad visual del entorno del AeP



En las áreas vecinas predominan las parcelas agrícolas, con solo algunos islotes forestales dispersos en las inmediaciones; por lo que no hay contrastes importantes en la vegetación, ya que las formas y texturas no varían significativamente. Así mismo, no existen cuerpos de agua por lo que no existen contrastes derivados de su presencia.

Como se mencionó previamente, en la parte este y oeste se localizan barreras naturales que impiden la visión más allá de los límites del AeP, originan un efecto sombra durante las primeras y últimas horas del día debido a su altura e inclinación. Cabe mencionar que el efecto sombra causado, no incide sobre la superficie de ocupación del proyecto.

♣ Calidad del fondo escénico

El fondo escénico es la cortina que existe tras las vistas y es determinante para la gama básica de contrastes (Arias Sierra, 2003)²²⁵.

En este apartado se evalúa la calidad del fondo visual del paisaje considerando aspectos como intervisibilidad, altitud, vegetación, agua y singularidades geológicas. Mediante el análisis de dichas variables se obtuvo como resultado un sitio poco heterogéneo en el AeP, incrementando

la diversidad hacia las áreas conservadas presentes en el SAR, lo cual incrementa su calidad escénica.

Considerando la vegetación, como se ha mencionado previamente, el AeP se encuentra cubierto de parcelas agrícolas y algunos parches de vegetación natural, por lo que el contraste de color es menor. Los árboles se dispersan en el horizonte, siendo el color verde en diferentes tonalidades el que predomina durante la temporada de crecimiento de los cultivos; previo a la siembra, los colores predominantes son en tonalidades café (Figura IV.45).

Figura IV.45 Calidad del fondo escénico del AeP



Ahora bien, en lo que respecta a las poblaciones cercanas al AeP como punto de observación, las localidades urbanas cercanas al AeP son Polotitlán, Guadalupe y El Fresno ubicadas entre 1.6 y 4.9 km; además hay localidades rurales dentro del polígono del proyecto y en las áreas aledañas.

De acuerdo con la información precedente, los componentes del proyecto pondrán ser observados por los habitantes/visitantes de las localidades; mientras que los observadores estables según el número de habitantes y la corta distancia con el proyecto, serán pocas personas.

Si se consideran las vías de comunicación como sitios que podrían ocasionar un incremento de observadores ocasionales debido a la mayor afluencia de vehículos, hacia la parte este se localiza la autopista Querétaro – México y la carretera 45, a una distancia aproximada de 4.48 km y 0.87 km; así como una carretera estatal del tramo Polotitlán – Huichapan, la cual es utilizada principalmente por personas de las localidades.

♣ Visibilidad

Por su naturaleza, el paisaje es dinámico y cambiante, incluso sin la intervención del hombre (Bronchalo González, 2002). No obstante, las acciones humanas representan una fuerza aplicada con continuidad e intensidad creciente sobre la cubierta vegetal, por lo que representa uno de los componentes principales de la visibilidad.

La visibilidad del paisaje determina la importancia relativa de lo que se ve y se percibe, en función de la combinación de distintos factores como son los puntos de observación, la distancia, la duración de la vista y el número de observadores potenciales; lo cual influye decisivamente al momento de otorgar un valor visual a un paisaje.

La superficie delimitada como SAR presenta una topografía con llanuras y colinas de formas onduladas y suaves, así como montañas y lomeríos; mientras que la fisonomía vegetal se encuentra en manchones de diferentes tamaños, casi de forma exclusiva en las áreas fuera de las planicies, que es donde se desarrollan las actividades agrícolas o se encuentran los asentamientos humanos. El área donde serán establecidos los paneles se observa una topografía plana, sin variación altitudinal.

Por otro lado, la vegetación aporta características como la textura, variabilidad cromática, altitud, forma, etc.; las cuales tienen influencia en la conservación de la sostenibilidad del paisaje. En este sentido, en el SAR se cuenta con áreas dominadas por zonas agrícolas, pastizales, remanentes de bosques de encino y matorral crasicaule; mientras que el AeP se conforma por parcelas agrícolas y algunos fragmentos de vegetación de matorral crasicaule:

El matorral crasicaule agrupa las comunidades arbustivas de clima árido y semiárido en el que el papel importante corresponde a plantas conspicuas de tallo suculento, es decir, cactáceas grandes las cuales en muchos casos juegan el papel de dominantes fisonómicas. Mezclado con estas especies, se encuentran plantas arbustivas, sufrutescentes y herbáceas. Todas ellas son xerófilas y a menudo espinosas. Las herbáceas anuales forman un tapiz discontinuo que deja descubierto el suelo constituyendo una comunidad abierta. La densidad de recubrimiento varía del 10 al 50% (CONANP 2003²²⁶). La estructura de estas comunidades en el AeP se encuentra formada por: cuatro especies de opuntias, mimosas, *Buddleja cordata*, arbustos y pastos.

Sin embargo, este tipo de vegetación presenta cierto grado de perturbación, principalmente por las actividades humanas y la presencia de ganado en la zona.

Considerando los párrafos precedentes, en el AeP se distingue una coloración amarillenta pálida durante la mayor parte del año, siendo visible la variabilidad cromática durante la temporada de lluvias; no obstante que, en la gama de colores visibles en esta temporada, predomina el verde dependiendo del cultivo, lo que ocasiona una variabilidad cromática deficiente. Además de que, durante las labores de labranza, el AeP está dominado por tonalidades

café, resaltando los islotes forestales que se encuentran en los linderos y las áreas que aún conservan vegetación nativa (Figura IV.46).

Figura IV.46 Visibilidad en el área de establecimiento de proyecto



Los suelos presentes se observan principalmente durante las labores de labranza, cuando predominan tonalidades que van de café a negro, así como durante la temporada de estiaje en las áreas donde aún prevalece la cubierta vegetal. Los suelos presentes en el AeP son feozem calcárico de textura media y, en menor medida los vertisoles pélicos de textura fina.

Existen algunas escorrentías superficiales^{xxv} y pequeños canales de riego, aunque no son predominantes.

Si bien es cierto que en el AeP no se localizan asentamientos humanos, si existen pequeños ranchos formados por una o dos casas, jagüeyes, caminos, los cuales han influido en las características propias del paisaje; aunque representan alteraciones importantes en la visibilidad de éste.

♣ Capacidad de absorción del paisaje

Es la capacidad que tiene el paisaje para acoger las acciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual.

Para calcular la Capacidad de Absorción Visual (CAV) del paisaje, se ha desarrollado una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986). Esta técnica consiste en asignar puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes para su carácter visual.

La fórmula para determinar la capacidad de absorción visual (CAV) del paisaje es la siguiente:

$$CAV = Px(E + R + D + C + V)$$

Dónde:

P: pendiente

E: erosionabilidad

R: potencial estético

D: diversidad de la vegetación

C: contraste de color

V: actuación humana.

Los valores a emplear para determinar el CAV, con las condiciones que puede presentar cada uno y la escala de valoración utilizada fueron propuestos por Yeomans (1986²²⁷; Tabla IV.64).

Tabla IV.64 Factores del paisaje determinantes de la CAV (Yeomans, 1986)

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje	
		Nominal	Númerico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55%)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25%)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos altos de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	Bajo	1

^{xxv} Escorrentía superficial: es parte de la precipitación que escapa de la infiltración y de la evapotranspiración y que, en consecuencia, circula por la superficie (<http://www.drinking-water.org/html/es/glossary.html>).

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje	
		Nominal	Numérico
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Bajo	1
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Alto	3
Contraste de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

De acuerdo con la tabla anterior y las condiciones que presenta cada factor en el SAR y el AeP, se asignó un puntaje nominal y numérico teniendo como resultado lo siguiente (Tabla IV.65):

Tabla IV.65 Factores del paisaje determinantes de la CAV del SAR y AeP

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje		Observaciones del AeP
		Nominal	Numérico	
Pendiente (P)	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2	El área presenta una topografía semiplana, con una variación altitudinal mínima.
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2	El tipo de suelo presente en el AeP es vulnerable a cierto grado de erosión, con evidencia de procesos de erosión laminar moderada con pérdida del horizonte "A" del suelo.
Potencial estético (R)	Potencial moderado.	Moderado	2	Con base en el resultado obtenido en la evaluación de calidad y fragilidad del paisaje, se consideró el puntaje de moderado.
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1	La vegetación es de tipo matorral crasicaule y parcelas agrícolas; el SAR cuenta con remanentes de

Factores del paisaje	Condiciones	Puntaje		Observaciones del AeP
		Nominal	Numérico	
				bosque de encino, pastizal inducido y matorral crasicaule, aunque se evidencia su alto deterioro por las actividades antrópicas.
Actuación humana (C)	Presencia moderada	Moderada	2	La calidad escénica esta modificada por la presencia de actividades antrópicas como actividades agrícolas, ganaderas, carreteras, caminos y terracerías.
Contraste de color (V)	Contraste visual moderado	Moderado	2	El contraste de color que predomina es el verde y café, sin embargo, durante la temporada de lluvias la diversidad cromática se incrementa.

Durante la temporada de estiaje, los colores predominantes son neutros, pálidos, amarillos; alternada con la variación cromática producto de la floración y los cultivos, como respuesta a las condiciones de humedad por las lluvias; sin embargo es común observar la coloración de verde a café la mayor parte del año característica de los ecosistemas de selva (Rzedowski J., 2006²²⁸).

Como resultado de las condiciones del SAR y AeP y del puntaje de estimación de CAV se obtuvieron los siguientes valores:

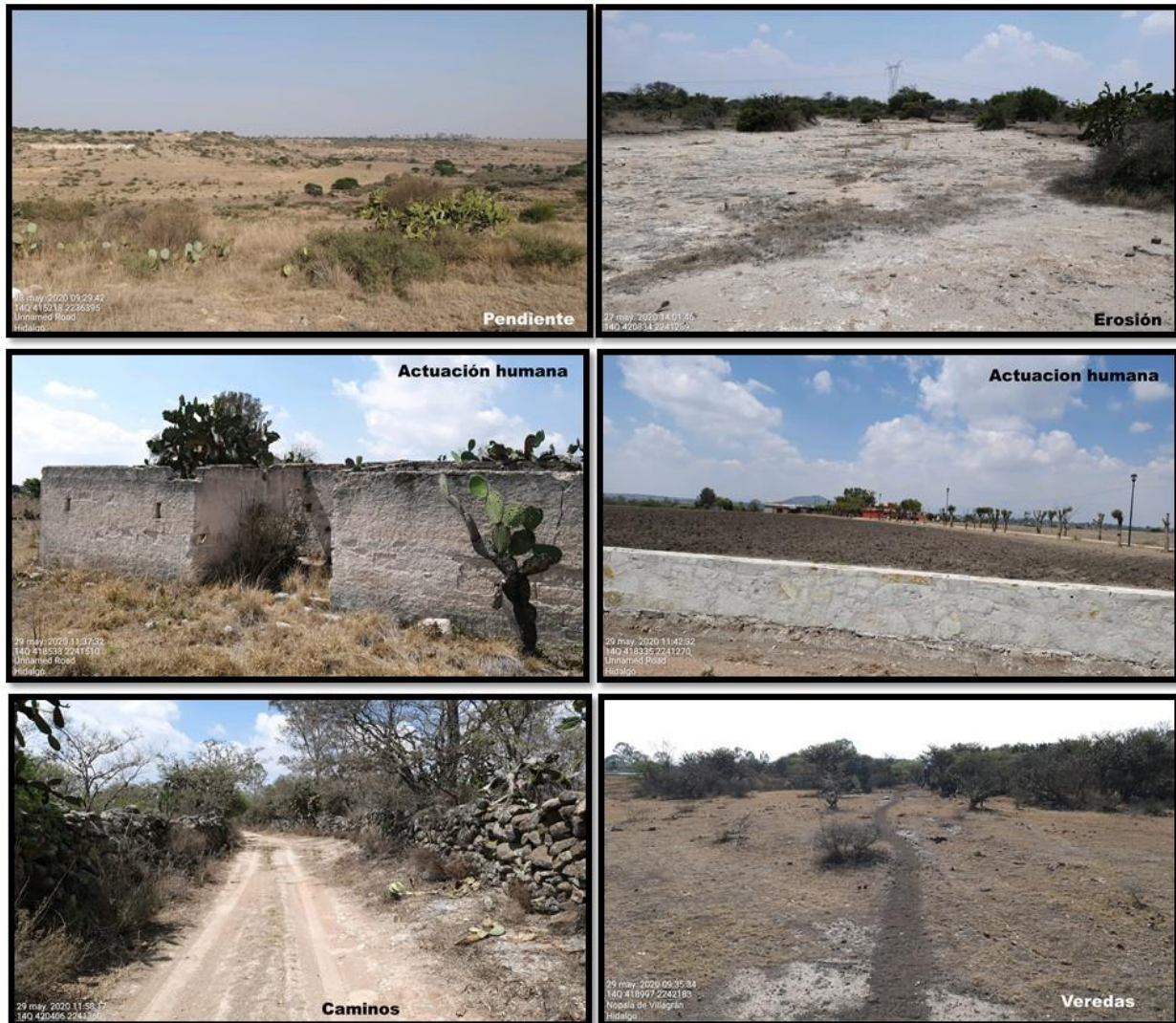
$$CAV(p) = 2x(2 + 2 + 1 + 2 + 2) = 18$$

Para determinar el significado del valor obtenido de CAV (p), la metodología asigna una escala de referencia para la estimación de CAV, la cual es:

- Bajo = <15
- Moderado = 15-30
- Alto = >30

El valor obtenido $CAV(p) = 18$, corresponde a una Capacidad de Absorción Visual “Moderada”, este valor muestra que el SAR y AeP tienen capacidad de absorción en cuanto a la generación del proyecto, en otras palabras: La implementación de la Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo no excederá en sus obras y actividades más allá de los límites del polígono del proyecto, el cual funge como barrera, donde los componentes ambientales son alcanzados por las obras y actividades del proyecto, por lo cual el funcionamiento del SAR no se verá alterado (Figura IV.47).

Figura IV.47 Características del paisaje en el AeP



IV.4 Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental parte del análisis desarrollado a lo largo de este capítulo en lo referente a la caracterización de los componentes ambientales del SAR, previo a la implantación del proyecto (línea base o tiempo cero) y de la identificación de la tendencia del comportamiento de los procesos de deterioro natural y grado de conservación del área de estudio.

En este sentido, derivado del análisis en retrospectiva, es evidente el decremento de la superficie ocupada por vegetación forestal en la superficie del SAR, debido principalmente a la extensión de la agricultura, que junto con la ganadería, representan las principales actividades económicas del municipio donde se pretende el establecimiento del proyecto. En este contexto, se reitera que en el SAR domina la agricultura de temporal, seguida de una agricultura de riego; estas actividades son las que principalmente han propiciado que en los terrenos del SAR exista

una marcada fragmentación de las comunidades vegetales originales, a un punto tal, que los paisajes poseen más características modificadas de origen antrópico que naturales.

En este contexto, el diagnóstico ambiental se aborda a partir de dos conceptos principales: 1) Deterioro ambiental y capacidad de carga del ecosistema; 2) Integridad funcional del ecosistema.

1) Deterioro ambiental y capacidad de carga del ecosistema

El deterioro ambiental o ecológico es cualquier proceso o resultado que incide negativamente en el ambiente. A nivel local, el deterioro se manifiesta en problemas como la erosión, la deforestación y la contaminación (Balleza, 2017)²²⁹. Las actividades antropogénicas de sobreexplotación de recursos y sobrepastoreo han desencadenado problemas de deforestación, erosión y disminución de la calidad y la dimensión del hábitat para las especies de fauna silvestre (SEMARNAT-CONANP, 2013)²³⁰. Las zonas áridas y semiáridas están sometidas a una presión constante ya que mantienen una importante diversidad de especies de flora y fauna que son aprovechadas con fines comerciales, asimismo, la ganadería extensiva es una de las principales actividades económicas en estas zonas. El sobrepastoreo trae como consecuencia una afectación en la estructura y funcionamiento de las comunidades áridas y semiáridas (Czeglédi y Radácsi, 2005²³¹; Wang y Batkhishig, 2014²³²; Amine et al., 2014)²³³.

En los ecosistemas que han sobrevivido a la expansión de la agricultura, el deterioro ecológico está provocando el desplazamiento de las especies dominantes y la colonización de otras más competitivas en el escenario creado por el disturbio antropogénico que impulsan la sucesión (Balleza, 2017 Op Cit). Se estima que las comunidades vegetales cambian, en forma ordenada, cuando son utilizadas por una clase particular de animales. Al aumentar la presión de pastoreo las plantas más consumidas disminuirán su densidad, perderán vigor y capacidad reproductiva.

En este contexto, en el caso del matorral crasicaule (que corresponde al tipo de vegetación por afectar a causa del proyecto), la densidad y cobertura aérea de los nopales está disminuyendo a consecuencia del uso que se les da como forraje. Por lo que, con base en el estudio desarrollado por Balleza (2017 Op Cit) y los registros derivados del trabajo de muestreo, se analizó el deterioro ecológico del matorral crasicaule a partir de la densidad y cobertura de las diferentes especies de *Opuntia*, a partir de los cuales se definieron tres grados de deterioro: alto, moderado y bajo (Tabla Iv.66).

Tabla IV.66 Criterios para definir el grado de deterioro del matorral crasicaule con base en variables estructurales de *Opuntia*

Criterio	Unidad	Grado de deterioro		
		Alto	Moderado	Bajo
Densidad de especies de <i>Opuntia</i>	ind/ha	< 400	400 - 600	> 600
Cobertura aerea de especies de <i>Opuntia</i>	m ² /ha	< 1,300	1,300 – 1,700	> 1,700

Los criterios anteriores fueron aplicados al análisis de del SAR y el AeP, tanto para el MC en estado primario como a la Vsa/MC. Los resultados indican un mayor grado de deterioro en el AeP con respecto al SAR (Tabla IV.67).

Tabla IV.67 Grado de deterioro del matorral crasicaule primario y secundario presente en el SAR y AeP, con base en variables estructurales de *Opuntia*

Criterio	Unidad	Grado de deterioro							
		SAR				AeP			
		MC	Vsa/MC	MC	Vsa/MC	MC	Vsa/MC	MC	Vsa/MC
Densidad de especies de <i>Opuntia</i>	ind/ha	960	Bajo	880	Bajo	375	Alto	410	Moderado
Cobertura aérea de especies de <i>Opuntia</i>	m ² /ha	2,516	Bajo	5,309	Bajo	291	Alto	1,464	Moderado

Los resultados anteriores coinciden con el análisis de diversidad desarrollado en el apartado correspondiente de este capítulo, confirmando que la vegetación forestal presente en el AeP se encuentra más perturbada que la del espacio geográfico del SAR. Sin embargo, si bien el grado de deterioro en el SAR derivó en un nivel bajo, esto no significa que se trate de un espacio bien conservado, pues tanto en el AeP y como en el SAR se registra una intensa actividad agrícola y ganadera, por lo que el área donde se establece la vegetación natural de matorral crasicaule se encuentra fragmentada, prueba de lo anterior es que esta vegetación ha iniciado el proceso de sucesión ecológica por lo que se encuentra en un estadio primario, así como en un estadio secundario.

Otro indicador de perturbación lo dan las especies registradas durante los muestreos realizados, ya que se encontraron especies que no son propias de este tipo de vegetación (matorral crasicaule), ya sea que son introducidas como el capulín (*Prunus serótina*) y el tepozán (*Buddleja sessiliflora*), así como un gran número de especies del estrato herbáceo, las cuales son consideradas como especies ruderales^{xxvi}, pioneras, oportunistas o indicadoras de un ambiente perturbado (Tabla IV.68) y que incluso en el caso del zacate babón (*Aegopogon tenellus*), que corresponde a una especie nativa pero ruderal, obtuvo el índice de valor de importancia (IVI) más

^{xxvi} Las plantas ruderales son las que aparecen en hábitats muy alterados por la acción humana, como bordes de caminos, campos de cultivos o zonas urbanas. Una buena parte de este conjunto de plantas coincide con la flora arvense, es decir, plantas que aparecen de forma espontánea en los campos de cultivo.

alto del estrato herbáceo en todos los casos analizados, de acuerdo con los resultados presentados en el apartado de vegetación.

Es importante señalar que, en concordancia con el análisis anterior, la mayoría de las especies presentadas en la Tabla IV.68 fueron registradas dentro del AeP, ya que esta área es la que presenta un mayor impacto a consecuencia de las actividades antrópicas que se practican (agricultura y ganadería). Por lo que el SAR, aún con cierto grado de deterioro, presenta zonas con vegetación en mejor estado de conservación.

Tabla IV.68 Especies registradas en campo, consideradas indicadoras de perturbación o introducidas

Estrato	Género	Nombre científico	Nombre común	Distribución	CONDICIÓN SEGÚN CONABIO
Arbóreo	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	Nativa	Especie dominante en la sucesión secundaria, se establece bien después de perturbaciones como fuego, tala y ciclones, pero nunca llegan a estadios sucesionales tardíos.
Arbustivo	<i>Viguiera</i>	<i>Viguiera linearis</i>	Viguiera	Endémica	Común en parcelas y otros sitios perturbados.
	<i>Tagetes</i>	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	Nativa	Común en áreas agrícolas
	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratacua	Nativa	Habita en orillas de ríos y arroyos y ámbitos perturbados como orillas de parcelas.
	<i>Brickellia</i>	<i>Brickellia secundiflora</i>	Jara blanca	Endémica	Común en orillas de parcelas, en potreros y en matorrales secundarios.
	<i>Solanum</i>	<i>Solanum nigrescens</i>	Hierba mora	Nativa	Planta ruderal esparcida
	<i>Buddleja</i>	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Hierba de tepozán	Nativa	Común en caminos y parcelas en casi todo el país
	<i>Eupatorium</i>	<i>Eupatorium odoratum</i>	Cricita	Nativa	Se presentan en sitios perturbados
Herbáceo	<i>Aegopogon</i>	<i>Aegopogon tenellus</i>	Zacate barbón	Nativa	Común en caminos y orillas de parcelas, y también dentro de cultivos
	<i>Eryngium</i>	<i>Eryngium comosum</i>	Raíz del sapo	Endémica	Especies que prosperan en lugares perturbados
	<i>Dalea</i>	<i>Dalea prostrata</i>	Escobilla	Endémica	Común en orillas de caminos y parcelas
	<i>Bouteloua</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita	Nativa	Sitios perturbados, orillas de caminos, superficies de tepetate, campos de cultivo y un recurso para la ganadería.
	<i>Ruellia</i>	<i>Ruellia lactea</i>	Ruellia	Nativa	Orillas de campos u otros lugares medianamente perturbados

Estrato	Género	Nombre científico	Nombre común	Distribución	CONDICIÓN SEGÚN CONABIO
	<i>Artemisia</i>	<i>Artemisia absinthium</i>	Ajenjo	Exótica	Campos no cultivados y bordes de carreteras, prefiriendo suelos áridos

Por otra parte, la abundancia de *Mimosa aculeaticarpa* también ha sido interpretada como indicadora de disturbio (Rzedowski, 1961 en Balleza, 2017 Op Cit), por lo que con base en el número de plantas de *M. aculeaticarpa* por hectárea, se sabe que las áreas con mayor grado de deterioro corresponden a las de vegetación de matorral crasicaule en estado secundario (Vsa/MC) tanto en el SAR como en el AeP, lo cual resulta evidente pues se trata de vegetación que aún está en proceso de recuperación.

No obstante a lo anterior, la mayor proporción de vegetación forestal que aún persiste en el SAR corresponde a vegetación en estado secundario de sucesión ecológica, que al menos en el caso del MC y la Vsa/MC, que fueron las comunidades analizadas en este estudio, ya presentan semejanzas en su estructura, lo que habla de la buena resiliencia^{xxvii} del ecosistema. Se sabe, con base en las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI, Series I (1985) y VI (2014), que esta situación, si bien ha incrementado como consecuencia del cambio de uso de suelo a través del tiempo, existe desde hace más de 30 años, pues desde entonces la proporción de vegetación forestal de matorral crasicaule en el SAR ha estado dominada por el estado secundario de sucesión ecológica (Tabla IV.69).

Tabla IV.69 Proporción de matorral crasicaule en estado primario y secundario en el SAR (1985 y 2014, INEGI)

Comunidad vegetal	1985 (SERIE I INEGI)		2014 (SERIE VI INEGI)	
	Superficie en el SAR (ha)	%	Superficie en el SAR (ha)	%
Matorral crasicaule en estado primario (MC)	1,485.0927	20%	673.1615	11%
Matorral crasicaule en estado secundario (Vsa/MC)	5,874.1197	80%	5,596.8903	89%
Total	7,359.2124		6,270.0518	

La Ley General de Vida Silvestre, establece una definición al término de **Capacidad de carga**, tal como sigue:

Art. 3º, Fracción III. Capacidad de carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

Derivado de lo anterior y en términos de lo dispuesto por la LGVS, puede concluirse que *el ecosistema de matorral crasicaule, aunque deteriorado por las actividades antrópicas que en el SAR se desarrollan, aún conserva la capacidad de recuperarse por sí sólo (resiliencia) en plazos*

^{xxvii} La resiliencia es la capacidad de los ecosistemas a recuperarse de mejor manera ante una perturbación específica.

cortos y medianos de tiempo, por lo que puede inferirse que no se ha sobrepasado su capacidad de carga y que el proyecto no incidirá sobre elementos claves del ambiente que interfieran con dicha capacidad, toda vez que su ubicación se proyecta en una de las áreas menos conservadas del SAR.

2) Integridad funcional del ecosistema

De acuerdo con Martínez-Y. A, *et al.* 2009²³⁴, el ecosistema es la unidad funcional de la naturaleza que integra a todos los organismos que viven en un espacio geográfico determinado y que interactúan entre sí y con el ambiente que les rodea. Las fronteras entre los ecosistemas (ecotonos) son difusas, sin embargo, las diferencias climáticas de un lugar a otro determinan en gran medida los tipos de ecosistemas y **la forma en que los distinguimos depende de la fisonomía de la vegetación dominante**, la cual está influenciada principalmente por el macro clima y por otras características, como la topografía, entre otras (Whittaker, 1975)²³⁵.

Los ecosistemas son sistemas termodinámicamente abiertos, por lo que mantienen un continuo intercambio de materia y energía con su entorno (Osborne, 2000)²³⁶, lo que logran a través del cumplimiento de sus funciones, entre las que se encuentran:

- La fotosíntesis que convierte la energía solar en materia orgánica,
- La de acumulación de materia orgánica por los productores primarios (productividad),
- Degradación de la materia orgánica (descomposición),
- El flujo de energía y nutrientes a lo largo de los eslabones de la cadena alimenticia (estructura trófica),
- Tasas a las que ocurren estos procesos (flujo de energía)
- Movimiento de elementos entre atmósfera, la hidrósfera y la biósfera (ciclos biogeoquímicos).

Estas y otras características de los ecosistemas se traducen en *servicios ecosistémicos*, que son por tanto materialización de la función de los ecosistemas concretados en bienes y servicios críticos para la vida (en el amplio sentido del término) y esenciales para el desarrollo económico de la sociedad (Martínez-Y. A, *et al.* 2009 Op Cit) aunque el valor intrínseco de los servicios ecosistémicos raramente es tomado en cuenta en la toma de decisiones de la política ambiental (Daily, *et al.*, 1997)²³⁷.

En este contexto, la **integridad funcional del ecosistema**, se concibe como el **atributo que caracteriza el estatus que tienen las diversas funciones de un ecosistema, en un espacio y tiempo determinado, concretadas en los servicios que derivan de dichas funciones**. Por lo que, la valoración de la integridad funcional es un indicador de la calidad ambiental.

En este sentido, cabe señalar que los servicios ecosistémicos (SEc's) se agrupan en cuatro categorías:

- 1) *De provisión*: estos se derivan de los resultados materiales de la fotosíntesis y se traducen en recursos extractivos como alimentos, plantas medicinales, combustible y materiales de construcción. Son los bienes tangibles.
- 2) *Culturales*: los servicios culturales son los que se relacionan con la provisión de beneficios no materiales como la belleza escénica y la inspiración intelectual
- 3) *De regulación*: los servicios de regulación resultan de procesos no extractivos como el control de inundaciones y de erosión, la captación y purificación del agua y la regulación de enfermedades y plagas y,
- 4) *De soporte*: los servicios de soporte, son necesarios para la provisión de los otros servicios, incluyen beneficios intangibles como la formación de materia orgánica, la producción de oxígeno y la captación de bióxido de carbono, la desintoxicación del suelo y el ciclo de nutrimentos.

Resulta obvio que algunos de los SEc's se pueden traducir a valor económico, mientras que otros son técnicamente difíciles de evaluar, porque no son directamente cuantificables, son intangibles o porque los métodos económicos actuales de valuación de mercado no son los apropiados o no pueden ser aplicados para este fin (Costanza et al., 1997²³⁸; Daily, 1997b²³⁹; WSTB, 2004²⁴⁰).

Con base en lo anterior, la integridad funcional del ecosistema en el SAR fue evaluada seleccionando indicadores ambientales (no económicos) que de manera general aluden al estado que guardan los servicios ecosistémicos en el SAR (Tabla IV.70).

Tabla IV.70 Indicadores para la valoración de los SEc's en el SAR

SEc's	Indicadores	Valor / calidad
De soporte y regulación	Conectividad funcional del ecosistema ^{xxviii}	< 0.59 > 0.59
	Diversidad de especies de todos los niveles tróficos	Escasa presencia de plantas nativas y herbívoros silvestres / Sucesión ecológica alterada

^{xxviii} Valorado con base en la "Teoría de percolación", formulada a partir del comportamiento de un fluido en un medio determinado, pero que en ecología del paisaje es utilizada especialmente para analizar las posibilidades de movimiento de la fauna, así como su acceso potencial hacia los recursos disponibles a lo largo de los mosaicos del hábitat, considerando una red de teselas que permite obtener una probabilidad crítica o umbral de percolación de $(pc) = 0.5928$ (Farina, 2006 Op Cit.). Es decir, que la teoría de percolación predice que un organismo puede moverse libremente si su recurso crítico o hábitat ocupa 59.28% o más del paisaje, de lo contrario los efectos ecológicos son serios (O'Neill et al., 1988 Op Cit.; Gardner et al., 1987 Op Cit.; Krummel et al., 1987 Op Cit.).

SEc's	Indicadores	Valor / calidad	
		Número reducido de plantas nativas y presencia de herbívoros y vertebrados depredadores / Los procesos serales ocurren de manera natural	Media
		Comunidades completas de plantas y animales nativos, incluyendo grandes depredadores / Los procesos serales ocurren de manera natural	Alta
De provisión	Realización de actividades económicas primarias	Presente en menos del 35% de la región	Baja
		Presente en el 35 - 70% de la región	Media
		Presente en más del 70% de la región	Alta
Culturales	Calidad del paisaje	Modificado por actividades antrópicas en más del 50% de su extensión	Baja
		Modificado por actividades antrópicas en menos del 50% de su extensión	Alta
	Realización de actividades ecoturísticas	Presente en menos del 35% de la región	Baja
		Presente en el 35 - 70% de la región	Media
		Presente en más del 70% de la región	Alta

La valoración de los indicadores antes señalados con base en la caracterización del SAR desarrollada en extenso en este capítulo, deriva en una calidad media a baja de los servicios ecosistémicos y por ende de la integridad funcional en dicha área (Tabla IV.71). Cabe señalar que el desarrollo del proyecto que se somete a evaluación, no incidirá de manera significativa sobre la provisión de los servicios ambientales, principalmente porque la superficie forestal a remover a causa de su desarrollo, corresponde a sólo el 0.94% de la superficie cubierta por vegetación forestal en el SAR, por lo que los umbrales como el del índice de percolación mediante el cual se valoró la conectividad funcional y otros evaluados de forma cualitativa, no variarán perceptiblemente con respecto a lo evaluado y descrito en la línea base. Adicional a lo anterior, debe considerarse que con el fin de favorecer la inserción del proyecto en el ambiente que se analiza y mitigar sus efectos, se podrán en marcha una serie de medidas para prevenir, mitigar o compensar los impactos negativos, las cuales se describen en el capítulo V.

Tabla IV.71 Valoración de la calidad de los SEc's en el SAR

SEc's	Indicador (es)	Valor efectivo / calidad	
De soporte y regulación	Conectividad funcional del ecosistema	Se valoró un índice de percolación de 0.20 toda vez que la disponibilidad de recursos y hábitats que proporcionan los ecosistemas forestales están reducidos al 20% de la superficie del SAR, lo que denota una baja conectividad funcional.	Baja

SEc's	Indicador (es)	Valor efectivo / calidad	
	Diversidad de especies de todos los niveles tróficos	Tanto en el SAR como en el AeP se identificó un alto número de especies de flora ruderales y arvenses que en varios casos corresponden a especies introducidas; no obstante, también se registró la presencia de fauna herbívora y vertebrados depredadores de talla mediana. Así mismo, está evidenciado que los procesos serales ocurren de manera natural desde hace tiempo, por lo que el ecosistema exhibe una buena respuesta al disturbio.	Media
De provisión	Realización de actividades económicas primarias	La agricultura y la ganadería son actividades económicas primordiales en el SAR y el AeP, desarrolladas en al menos el 59% de su extensión territorial.	Media
Culturales	Calidad del paisaje	La calidad paisajística en el AeP es baja debido a la modificación en más del 50% de su extensión por las actividades antrópicas, la poca vegetación natural, la uniformidad topográfica y la carencia de cuerpos de agua.	Baja
	Realización de actividades ecoturísticas	No se conoce la realización de actividades ecoturísticas en la región	Baja

IV.5 Árbol de factores ambientales

Este capítulo concluye con la integración, a manera de corolario, del árbol de factores ambientales el cual ordena de manera jerarquizada, a los elementos que constituyen al entorno en el cual pretende establecerse el proyecto. Este rubro se integra en este apartado ya que en él se sintetizan y ordenan todos los elementos constitutivos del ambiente y que han sido descritos a lo largo del presente texto (Tabla IV.72). El árbol formará una base inicial del proceso de identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales (Capítulo V de esta MIA-R).

Tabla IV.72 Árbol de factores ambientales

Sistema	Subsistema	Factor	Subfactor	ID
Físico-natural	Abiótico	Agua	Calidad	1
			Cantidad	2
		Aire	Calidad	3
			Confort sonoro	4
		Suelo	Calidad	5
			Estratificación	6
	Biótico	Procesos del medio inerte	Escorrentías	7
			Erosión	8
		Fauna	Riqueza y abundancia	9
			Hábitat	10
			Desplazamiento	11

Sistema	Subsistema	Factor	Subfactor	ID
			Endemismo y especies en riesgo	12
			Mortandad	13
		Flora	Riqueza y abundancia	14
			Endemismo y especies en riesgo	15
	Perceptual	Paisaje	Calidad	16
Socioeconómico	Población	Condición de ocupación	Empleo	17
	Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica	18
		Renta	Valor del suelo	19

IV.6 Bibliografía

- 1 Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional (MIA-R) Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2015. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf
- 2 Gómez, O. (2002). Evaluación de Impacto Ambiental, 2ª Edición. Madrid, España.
- 3 Portal de geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2020. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- 4 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2015. <https://www.inegi.org.mx/datos/>
- 5 Subsistema de Información sobre el Ordenamiento Ecológico (SEMARNAT), 2019. https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/uga_oe/indexs.html#
- 6 Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (INEGI), 2010. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- 7 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Diario Oficial de la Federación (2018)
- 8 García, A.E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- 9 Atlas Nacional de Riesgo. Sistema de información sobre riesgos (CENAPRED), 2015. <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>
- 10 Servicio Geológico Mexicano (2009). Carta Geológico-Minera de México. Carta F14-C78. [<https://www.gob.mx/sgm>] de: <https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/>
- 11 CENAPRED (2014). Fascículo de riesgos geológicos "Sismos". <http://www.cenapred.unam.mx/PublicacionesWebGobMX/buscaindex>
- 12 IUSS Grupo de trabajo WRB (2007). Base referencial mundial del Recurso de Suelo. Primera actualización 2007. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos N°. 103. FAO, Roma.
- 13 SEMARNAT (2012). La degradación de suelos de México, Informe de la Situación Ambiental del Medio Ambiente en México (Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental).
- 14 CONAGUA (2018). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huichapan – Tecozautla (1307), Estado de Hidalgo. <https://siqagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/hidalgo/hidalgo.html>
- 15 CFE (2008). Manual de Diseño de Obras Civiles, diseño por viento, Comisión Federal de Electricidad, México.
- 16 **CONABIO. 2017.** La diversidad biológica en México. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Consultada en: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/db_mexico.html
- 17 **SEMARNAT-CONABIO. 2014.** Inventario Estatal Forestal y de Suelos. Hidalgo. 163 pp.
- 18 Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM

- ¹⁹ González-Cuevas, G.A. 2002. Tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales de la costa de Jalisco. Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Agronómicas.
http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/32/Gonzalez_Cueva_Gerardo_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ²⁰ Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM.
- ²¹ Mostacedo, Bonifacio y Fredericksen, Todd S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR (Proyecto de manejo forestal sostenible). Santa Cruz, Bolivia.
- ²² Erhad Duaber. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- ²³ Carrera, Fernando. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Costa Rica.
- ²⁴ Villareal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. & Umaña A.M. 2006.- Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad: 191 (en) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.
- ²⁵ Moreno, Claudia E. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. I. Zaragoza, 84 pp.
- ²⁶ Zarco-Espinosa, VM; Valdez-Hernández, JI; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y ciencia, trópico húmedo. 26(1):1-17.
- ²⁷ Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- ²⁸ Monroy-Ata, Arcadio y Ramírez-Saldívar, Karen Y. 2018. Relación entre sucesión ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el centro de México. Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 21 (Supl. 2): 13-29. DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.157.
- ²⁹ Jorgensen, E.S., (Eds), 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health, CRC Press, Taylor & Francias Group. New York, EUA: 439pp.
- ³⁰ Boero, F. 2010. The Study of Species in the Era of Biodiversity: A Tale of Stupidity. Diversity, 2:115-122.
- ³¹ Lamoreux, J.F., J.C. Morrison, T.H. Ricketts, D.M. Olson, E. Dinerstein, M.W. McKnight y H. H. Shugart. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature*, 440:212–214.
- ³² Leroux, S.J. y F.K. Schmiegelow. 2007. Biodiversity Concordance and the Importance of Endemism. *Conservation Biology*, 21:266-268.
- ³³ Velasco de León, P.M., J. Arellano, A. Silva P. y S.Y. Guarneros. 2007. Aspectos geológicos y paleontológicos. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana (I. Luna, J. J. Morrone and D.Espinosa., eds.), CONABIO, México. 25–38.
- ³⁴ Arita, H. 1997. The non-volant fauna of Mexico: species richness in a megadiverse country. *Biodiversity and Conservation*, 6:787-795.
- ³⁵ Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. Townsend Peterson, H. Berlanga-García y L.A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: 476-495.
- ³⁶ Escalante, T., Szumik, C. y J.J. Morrone. 2009. Areas of endemism of Mexican mammals: reanalysis applying the optimality criterion. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98, 468–478.
- ³⁷ Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Flores-Martínez, R.A. Gómez-Rodríguez, L. Guevara, G. Gutiérrez-Granados y A. Rodríguez-Moreno. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 496-504.
- ³⁸ Ceballos G., I. Salazar, R. List Sánchez, J. Rodríguez y G. Santos. 2006. Vertebrados terrestres. In: H. Cotler, M. Mazari y J. de Anda. Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta. Instituto Nacional de Ecología. México.
- ³⁹ Ramírez-Pulido y Castro-Campillo. 1994. Biografía reciente de los mamíferos de México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- ⁴⁰ Parra-Olea, G.; O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85:S460-S466.
- ⁴¹ Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S467-S475.
- ⁴² CONABIO y SEMARNAT. 2009. Cuarto Informe Nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- ⁴³ Edwards, P.J. y Abivardi Cyrus. 1998. The value of biodiversity: where ecology and economy blend. *Biological Conservation*, 83. No. 3: 239-246.

- 44 Aubry, K. B., J. P. Hayes, B. L. Biswell y B. G. Marcot. 2003. The ecological role of three dwelling mammals in western coniferous forest. En C. Zabel G. (ed.) Management and conservation in the forest of western North America. Oregon State University, USA, pp. 415-443.
- 45 Woolrich-Piña, G. A. & G. R. Smith. 2012. A new species of *Xenosaurus* from the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Herpetologica* 68(4): 551-559.
- 46 Martín Del Campo, R. 1935. Nota acerca de la distribución geográfica de los reptiles ponzoñosos en México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autó. Méx.* 6: 291-300.
- 47 Martín Del Campo, R. 1936. Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. IV. Vertebrados observados en la época de las secas. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autó. Méx.* 7: 271-286.
- 48 Martín Del Campo, R. 1937. Contribución al conocimiento de los batracios y reptiles del valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autó. Méx.* 8: 259-266.
- 49 Smith, H. M. y E. H. Taylor. 1945. An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *Bull. U. S. Natl. Mus.* 187:1-239
- 50 Smith, H. M. y E. H. Taylor. 1950. Annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *Bull. U. S. Natl. Mus.* 199: 1-253.
- 51 Lemos Espinal, J.A. y J.R. Dixon. 2016. Anfibios y reptiles de Hidalgo. CONABIO. 763 pp.
- 52 Rodríguez-Yáñez, C. A., R. M. Villalón C. & A. G. Navarro S. 1994. Bibliografía de las aves de México (1825-1992). Publicaciones especiales del Museo de Zoología, No. 8. Facultad de Ciencias, UNAM, México, DF.
- 53 Eitnien, J. C., S. Aguilar, V. González, R. Pedraza & J. T. Baccus. 2000. New records of Bearded Wood-Partridge, *Dendrortyx barbatus*, (Aves: Phasianidae) in Mexico. *Southwestern Naturalist*, 45: 238-241.
- 54 Rojas-Soto, O., L. A. Sánchez-González & S. López de Aquino. 2002a. New information on birds of northern Hidalgo, Mexico. *Southwestern Naturalist*, 47: 471-475.
- 55 González-García, F., F. Puebla, S. Barrios, M. N. Fajardo & H. Gómez de Silva. 2004. Información adicional sobre la avifauna de los estados de Hidalgo y Querétaro, México, incluyendo nuevos registros estatales. *Cotinga*, 22: 56-64.
- 56 Martínez-Morales, M. A. 2001. Forest fragmentation effects on bird communities of tropical montane cloud forests in eastern Mexico. Tesis de Doctorado, University of Cambridge, Reino Unido.
- 57 Martínez-Morales, M. A. 2004. Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Huitzil*, 5: 12-19
- 58 Martínez-Morales, M. A. 2007. Avifauna del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 149-162.
- 59 Sánchez-González, L. & S. López de Aquino. 2006. El gavián cabeza gris (*Leptodon cayanensis*) y registros adicionales del mosquero de anteojos (*Rhynchocyclus brevirostris*) en Hidalgo, México. *Huitzil*, 7: 27-29.
- 60 Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24: 115-123.
- 61 Valencia-Herverth, R., J. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2009. *Corvus imparatus*, primer registro para Hidalgo, México. *Huitzil*, 10: 15-18.
- 62 Valencia-Herverth, R., J. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2010. Registros nuevos para la avifauna del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 205-208.
- 63 Valencia-Herverth, J. & R. Valencia-Herverth. 2009. Nuevos registros de *Elanus leucurus* y *Spizaetus tyrannus* en Hidalgo, México, y registros avifaunísticos interesantes. *Cotinga*, 31: 124-125.
- 64 BRODKORB, P. 1944. The type localities of some Mexican birds of the genera *Aphelocoma*, *Cyanocitta*, and *Peucedramus*. *Auk* 61:400-404.
- 65 WETMORE, A. 1948. The Golden-fronted Woodpeckers of Texas and northern Mexico. *Wilson Bulletin* 60:185-186.
- 66 PARKES, K. C. 1954a. A revision of the neotropical finch *Atlapetes brunnei-nucha*. *Condor* 56:129-138.
- 67 PARKES, K. C. 1954b. Correction of data reported on *Atlapetes brunnei-nucha*. *Condor* 56:231.
- 68 BROWNING, M. R. 1989. The correct citation and spelling of *Ptiliogonys* and type locality of *Ptiliogonys cinereus*. *Auk* 106:743-746.
- 69 MARTÍN DEL CAMPO, R. 1936. Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actópan, Hgo. IV. Vertebrados observados en la época de las secas. *Anales del Instituto de Biología (Universidad Nacional Autónoma de México)* 7:271-286.
- 70 MARTÍN DEL CAMPO, R. 1937. Nota acerca de las aves y los mamíferos del Valle del Mezquital, Hgo. *Anales del Instituto de Biología (Universidad Nacional Autónoma de México)* 8: 267-272.

- 71 SUTTON, G. M. Y T. BURLEIGH. 1940a. A new warbling vireo from Hidalgo. *Auk* 57:398-400.
- 72 SUTTON, G. M. Y T. BURLEIGH. 1940b. A new tufted flycatcher from Hidalgo. *Wilson Bulletin* 52:30-31.
- 73 AMADON, D. Y A. R. PHILLIPS. 1947. Notes on Mexican birds. *Auk* 64:576-581.
- 74 MENGEL, R. M. Y D. W. WARNER. 1948. Golden Eagles in Hidalgo, Mexico. *Wilson Bulletin* 60:122.
- 75 CANTÚ, S. 1953. La vega de Metztlán en el estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* 75(1-3): 1-273.
- 76 NEWMAN, R. J. 1954. *Toxostoma ocellatum* and *Diglossa baritula* in Hidalgo. *Condor* 56:361.
- 77 ARELLANO, M. Y P. ROJAS. 1956. Aves acuáticas migratorias en México I. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D.F.
- 78 GALLINA, M. P., A. GONZÁLEZ, R. C. MORTAL Y G. C. TELLO. 1974. Bases para la reestructuración del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- 79 BJELLAND, A. D. Y J. C. RAY. 1977. Birds collected in the state of Hidalgo, México. *Occasional Papers of the Museum of the Texas Tech University* 46:1-32.
- 80 SÁNCHEZ MEJORADA, H. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztlán. Publicación de Difusión Cultural No. 2. Sociedad Mexicana de Cactología – CONACyT, México.
- 81 PICHARDO DIAZ, J. 1987. Estudio ornitológico en el municipio de Alfajayucan y áreas adyacentes, estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México.
- 82 MANCILLA MORENO, M. 1988. Estudio preliminar de la avifauna en el transecto ZacualtipánZoquizoquipan-San Juan Metztlán en el este de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla, Estado de México, México.
- 83 HOWELL, S. N. G. Y S. WEBB. 1992. A little-known cloud forest in Hidalgo, Mexico. *Euphonia* 1:7-11.
- 84 NAVARRO S., A. G., H. BENÍTEZ Y B. E. HERNÁNDEZ. 1992. Avifauna de los bosques de montaña del noreste del estado de Hidalgo. Reporte de Biología de Campo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- 85 RAMÍREZ B., P., A. E. DESUCRE-MEDRANO, A. G. NAVARRO S., P. J. ROMO O. Y H. J. CASTRO. 1994. Winter specimen of the Common Loon (*Gavia immer*) from the state of Hidalgo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 39:394-395.
- 86 ROJAS-SOTO, O., L. A. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ Y S. LÓPEZ DE AQUINO. 2002. New information on birds of northern Hidalgo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 47:471-475.
- 87 MARTÍNEZ-MORALES, M. A. 2004. Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Huitzil* 5:12-19.
- 88 SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L. A. Y S. LÓPEZ DE AQUINO. 2006. El gavilán cabeza gris (*Leptodon cayanensis*) y registros adicionales del mosquero de anteojos (*Rhynchocyclus brevirostris*) en Hidalgo, México. *Huitzil* 6:27-29.
- 89 SIBLEY, C. G. Y D. A. WEST. 1958. Hybridization in the red-eyed towhees of the eastern plateau populations. *Condor* 60:85-104.
- 90 HERNÁNDEZ-BAÑOS, B. E., A. T. PETERSON, A. G. NAVARRO-SIGÜENZA Y B. P. ESCALANTEPLIEGO. 1995. Bird faunas of the humid montane forests of Mesoamerica: biogeographic patterns and priorities for conservation. *Bird Conservation International* 5:251-277.
- 91 NAVARRO S., A. G., H. A. GARZA-TORRES, S. LÓPEZ DE AQUINO, O. R. ROJAS-SOTO Y L. A. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ. 2004. Patrones biogeográficos de la avifauna, p. 439-467. In I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa [eds.], *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. CONABIO-UNAM, México, D. F.
- 92 DE LA BARREDA, B. 2006. Patrones de distribución de la avifauna del estado de Hidalgo, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- 93 MARTÍNEZ-MORALES, M. A. 2001. Forest fragmentation effects on bird communities of tropical montane cloud forests in eastern Mexico. Tesis de Doctorado, University of Cambridge. Cambridge, Reino Unido.
- 94 MARTÍNEZ-MORALES, M. A. 2005a. Landscape patterns influencing bird assemblages in a fragmented Neotropical cloud forest. *Biological Conservation* 121:117-126.
- 95 MARTÍNEZ-MORALES, M. A. 2005b. Nested species assemblages as a tool to detect sensitivity to forest fragmentation: the case of cloud forest birds. *Oikos* 108:634-642.
- 96 ANAYA, P. S., M. L. ALONSO Y F. ZAVALETA. 1996. Listado avifaunístico de la región de Zimapán, Hgo. Reporte de trabajo, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

- 97 GONZÁLEZ-GARCÍA, F., F. PUEBLA OLIVARES, S. BARRIOS MONTERDE, M. N. FAJARDO Y H. GÓMEZ DE SILVA GARZA. 2004. Información adicional sobre la avifauna de los estados de Hidalgo y Querétaro, México, incluyendo nuevos registros estatales. *Cotinga* 22:56-64.
- 98 ARREGUI, L. 2005. ¿A qué nivel de la escala espacial seleccionan los colibríes su área de forrajeo? Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.
- 99 MAURICIO, E. 2005. Variación temporal en interacciones colibrí-planta en un matorral xerófilo del centro de México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.
- 100 MARTÍNEZ-GARCÍA, V. 2006. Interacciones colibrí-planta en tres tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.
- 101 ORTIZ-PULIDO, R. Y V. MARTÍNEZ-GARCÍA. 2006. A breeding female Lucifer Hummingbird (*Calothorax lucifer*) with iridescent chin feathers. *Journal of Field Ornithology* 77: 71-73.
- 102 CERVANTES-CORNIHS, E. 2006. Depredación de nidos artificiales en bordes agrícolas de un paisaje agro-urbano en el estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.
- 103 Mendiola-González, M. E. & R. Ortiz-Pulido. 2007. Impacto del sobrepastoreo en la comunidad de aves de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- 104 Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24: 115-123.
- 105 Valencia-Herverth, R., J. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2009. *Corvus imparatus*, primer registro para Hidalgo, México. *Huitzil*, 10: 15-18.
- 106 Valencia-Herverth, R., J. Valencia-Herverth & F. Mendoza-Quijano. 2010. Registros nuevos para la avifauna del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 205-208.
- 107 Valencia-Herverth, J. & R. Valencia-Herverth. 2009. Nuevos registros de *Elanus leucurus* y *Spizaetus tyrannus* en Hidalgo, México, y registros avifaunísticos interesantes. *Cotinga*, 31: 124-125.
- 108 Rojas-Soto, O., S. López de Aquino, L. A. Sánchez-González & B. E. Hernández-Baños. 2002. La colecta científica en el Neotrópico: el caso de las aves de México. *Ornitología Neotropical*, 13: 209-214.
- 109 Wiens, J. A. 1989. The ecology of bird communities. Vol. 2. Processes and variations. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- 110 Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth, Ma. E. Mendiola-González, M. Sánchez-Cabrera y M. A. Martínez-Morales. 2011. New and outstanding bird records to the State of Hidalgo, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 27(3): 843-861.
- 111 Valencia-Herverth, R.; J. Valencia-Herverth, R. Padilla Calderón, M. Olivares Nochebuena, R. Hernández Hernández y M. Olivares Nochebuena. 2012. Información adicional sobre la avifauna de Hidalgo, México. *HUITZIL* 13(2): 95-103.
- 112 Guevara, L. M., R. López-Wilchis y V. Sánchez-Cordero. 2001. 105 años de investigación mastozoológica en México (1890-1995): una revisión de sus enfoques y tendencias. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 83:35-72.
- 113 Nelson, E. W. 1904. Descriptions of seven new rabbits from México. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 17:103-110.
- 114 Martín del Campo, R. 1936. Contribución al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 7:271-286.
- 115 Martín del Campo, R. 1937. Nota acerca de las aves y mamíferos del Valle del Mezquital. *Anales del Instituto de Biología, UNAM* 8:267-272.
- 116 Álvarez, T. y J. O. Polaco. 1980. Nuevos registros de murciélagos para el Estado de Hidalgo, México. *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN* 23:135-143.
- 117 Cervantes, F. A., J. N. Ramírez-Vite, S. Ramírez-Vite y C. Ballesteros. 2004. News records of mammals from Hidalgo and Guerrero, México. *The Southwestern Naturalist* 46:122-124.
- 118 Hernández-Flores, S. D., A. E. Rojas-Martínez y L. G. Juárez-Castillo. 2010. Nuevos registros para la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) en el estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)* 26:465-468.
- 119 Hernández-Flores, S. D., G. Vargas-Licona y G. Sánchez-Rojas. 2013. First records of the Ocelot (*Leopardus pardalis*) in the state of Hidalgo, Mexico. *Therya* 4:99-102.
- 120 García-Becerra, A.; S.D. Hernández-Flores, G. Herrera-Muñoz, C. Aguilar-Miguel y G. Sánchez-Rojas. 2012. Primer registro del ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*) para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 578-580.

- 121 Cervantes, F., S. Ramírez y N. Ramírez. 2002. Mamíferos pequeños de los alrededores del poblado de Tlanchinol. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología 73(2):225-237.
- 122 Hernández-Flores, S. D. y Rojas-Martínez, A. E. 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie) 26:563-583.
- 123 Sánchez-Rojas, G., C. Aguilar-Miguel y E. Hernández-Cid. 2009. Estudio Poblacional y uso de Hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. Journal Tropical Conservation Science 2:204-214.
- 124 Sánchez-Rojas G., S. D. Hernández Flores, J. Castillo-Cerón, S. Mejenes-López, M. Aguilar-López, J. Bravo-Cadena, A. García-Becerra, R. García-Morales y D. Hernández-Silva. 2016. Riqueza, composición y conservación de los mamíferos del estado de Hidalgo, México. Pp. 281-310 en Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal (Briones-Salas, M., Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas y J. E. Sosa-Escalante, eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.
- 125 Aguilar-López, M.; A.E. Rojas-Martínez, C. Cornejo-Latorre, C. Sánchez-Hernández, V.D. Vite-Silva y J. Ramos-Frías. 2015. Registros notables de mamíferos terrestres del estado de Hidalgo, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 31(3): 403-411.
- 126 Sánchez, Oscar; Zamorano, Pablo; Peters, Eduardo y Moya, Hector. 2011. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. SEMARNAT-INE.
- 127 IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>.
- 128 Howell, N. G. and S. Webb. 2005: A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. California. 851pp.
- 129 Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. CONABIO – Fondo de Cultura Económica, México D.F. 988 pp (ISBN: 970-9000-30-6).
- 130 Global Biodiversity Information Facility. 2012. <<http://data.gbif.org/>>
- 131 Hall, E.R. 1981. The mammals of North America. 2 Vol. John Wiley y Sons. Nueva York.
- 132 Frost, Darrel R. 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.5 (31 January, 2011). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> American Museum of Natural History, New York, USA.
- 133 Uetz, P. (ed.), The Reptile Database, <www.reptile-database.org>, accessed Dec 31, 2012.
- 134 The American Ornithologists' Union. 2008. <http://www.aou.org/checklist/north/index.php>
- 135 Wilson, D.E and D.M. Reeder. 2005. Mammals Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. Johns Hopkins University Press, 2 Vol. 142 pp. Available <http://www.bucknell.edu/msw3/browse.asp?s=y&id=13802148>
- 136 CONABIO (comp.). 2009. Catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México. Base de datos SNIB-CONABIO. México.
- 137 CONABIO (comp.). 2009. Catálogo de autoridades taxonómicas de los reptiles (Reptilia: Chordata) de México. Base de datos SNIB-CONABIO. México.
- 138 Villa-R, B. y F. A. Cervantes, 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. e Instituto de Biología, UNAM, México, 140 pp
- 139 González-García, F. y H. Gómez de Silva Garza. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. Editores. Conservación de aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Foundation. Cipamex. Conabio.
- 140 Vite-Silva, V.D., Ramírez-Bautista, A. y Hernández-Salinas, U. (2010). Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 81: 473- 485
- 141 Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. Ramírez-Bautista, A. (1991). Cuadernos 10. Instituto de Biología. UNAM. 28-30p.
- 142 Flores, V.O., Q.F. Mendoza y P.G. González. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. UNAM, Facultad de Ciencias. 285.
- 143 Hutto, R.L., S.M. Pleschet y P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for non-breeding and breeding season use. *The Auk*, 103: 593-602.

- 144 Moore, F.R., M.S. Woodrey, J.J. Buler, A. Woltmann y T.R. Simons. 2005. Understanding the Stopover of Migratory Birds: A Scale Dependent Approach. *Forest Service Gen, Tech, Rep.*, PSW-GRT, 191: 684-689.
- 145 Ugalde-Lezama, S., J.I. Valdez-Hernández; G. Ramírez-Valverde, J.L. Alcántara-Carbajal y J. Velázquez-Mendoza. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques*, 15 (1): 5-26.
- 146 Ber Van Perlo. 2006. *Birds of México and Central America*. Princeton University Press.
- 147 Scott D. and C. McFarland. 2010. *Bird Feathers: A Guide to North American Species*. Stackpole Books, China, pp.358.
- 148 The American Ornithologists' Union. 2008. <http://www.aou.org/checklist/north/index.php>
- 149 Navarro, S. A. y A. Gordillo. 2006. Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México. Museo de Zoología, Fac. de Ciencias, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto CS010.
- 150 González-García, F. y H. Gómez de Silva Garza. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. Editores. *Conservación de aves. Experiencias en México*. National Fish and Wildlife Foundation. Cipamex. Conabio.
- 151 HBW [En línea], 2019. Handbook of the Birds of the world Alive. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.hbw.com>
- 152 The IUCN Red List of Threatened Species [En línea], 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>
- 153 Santos, F. M., Silva, J.D., Sanaiotti, M.T., 2006. Efficiency of four trap types in sampling small mammals on forest fragments, Mato Grosso, Brazil.
- 154 Villa, R.B. & F.A. Cervantes. 2003. *Los mamíferos de México*. Grupo Editorial Iberoamericana e Instituto de Biología, UNAM, México, 140 pp.
- 155 Monroy, V.O., Zarco, G.M.M., Rodríguez, S.C., Soria, D.L., Urios, V, 2010. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad.
- 156 Heilbrun, D.R., Silvy, J.N., Peterson, J.M., Tewes, E.M., Estimating Bobcat abundance using automatically triggered cameras.
- 157 Karanth, U.K., Nichols, D.J., Kumar, S.N., Link, A.W., Hines, E.J, 2004. Tigers and their prey: predicting carnivore densities.
- 158 Botello, F., Monroy, G., Illoldi, R.P., Trujillo, B.I., Sanchez, C.V, 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha.
- 159 Aranda M. 2012. *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. CONABIO. A. C. 255 pp.
- 160 Painter, L., Ruiz, D., Guinart, D., Wallace, R., Flores, B., Townsend, W, 1999. *Técnicas de investigación para el manejo de fauna silvestre*.
- 161 Elbroch M, 2003. *Mammal Tracks & Sign: A Guide to North American Species*. Stackpole Books. 781 pp.
- 162 Don E. Wilson & DeeAnn M. Reeder (editors), 2005. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed).
- 163 Colwell, R.K. 2016. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0 Mac OS.
- 164 López Gómez, A.M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78:7-15.
- 165 Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 152-161.
- 166 Chao, A. y T.J. Shen. 2010. Program SPADE (Species Prediction and Diversity). Programa y guía de usuario en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw>
- 167 Colwell, R.K. y J. Elsensohn. 2014. EstimateS turns 20: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*, 37: 609-613.
- 168 Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda y N. Pavón. 2011. Re análisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82:1249-1261.
- 169 Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.
- 170 Chao, A. y L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93 (12): 2533-2547.

- 171 Ellison, A.M. 2010. Partitioning diversity 1. *Ecology*, 91: 1962-1963.
- 172 Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Oxford, UK. Australia. 18-130.
- 173 Moguel, P. y V.M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- 174 Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor y S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677.
- 175 Tschamtko, T., A.M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter y C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*. 8:857-874.
- 176 <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/219?proyecto=Irekani>
- 177 Houston, D., Kirwan, G.M., Christie, D.A. and Marks, J.S. 2020. Turkey Vulture (*Cathartes aura*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. (retrieved from <https://www.hbw.com/node/52940> on 5 January 2020).
- 178 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/caracara-quebrantahuesos>
- 179 Baptista, L.F., P.W. Trail, H.M. Horblit y P. Boesman [En línea], 2019. (*Zenaida macroura*). *Handbook of the Birds of the World Alive*. (del Hoyo, J., A. Elliott, J. Sargatal, D.A. Christie y E. de Juana., eds.), [Fecha de consulta: 03 de abril de 2019]. Disponible: <http://www.hbw.com/species/mourning-dove-zenaida-macroura>
- 180 Nocedal J. 2011. La más común y típica de las aves canoras en nuestro país: el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus* Müller). *El Canto del Centzontle* 2(1):1-14.
- 181 Clement, P. 2020. House Finch (*Haemorhous mexicanus*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. (retrieved from <https://www.hbw.com/node/61389> on 5 January 2020).
- 182 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/correcaminos-norteno>
- 183 Cody, M. 2020. Curve-billed Thrasher (*Toxostoma curvirostre*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. (retrieved from <https://www.hbw.com/node/58207> on 7 January 2020).
- 184 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/cuervo-comun>
- 185 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/chipe-grande>
- 186 Farnsworth, A., Lebbin, D. and Kirwan, G.M. 2020. Common Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. (retrieved from <https://www.hbw.com/node/57383> on 7 January 2020).
- 187 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/garza-blanca>
- 188 <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/carpintero-cheje>
- 189 Murillo K., S. Prado, M. Pesquero y C. Drews. 2008. Especies migratorias: activos biológicos, económicos y culturales de las Américas. WHMSI, USWS, WWF, San José, Costa Rica.
- 190 Medellín, R., Abreu-Grobois, A., del Coro Arizmendi, M., Mellink, E., Ruelas, E., Santana C., E., y Urbán, J. 2009. 11. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- 191 Natty Birdwatcher. 11 de 2013. <http://www.birdnature.com/index.html>. Obtenido de <http://www.birdnature.com/flyways.html>
- 192 Smithsonian Migratory Bird Center. 2008. *Conceptos básicos sobre las aves migratorias Neotropicales*. Washington, DC: National Zoo.
- 193 Avian Power Line Interaction Committee. 2012. Reducing avian collisions with power lines. Edison Electric Institute. EUA.
- 194 Avian Power Line Interaction Committee. 2006. Reducing avian collisions with power lines. Edison Electric Institute. EUA.
- 195 INE-SEMARNAT, CONABIO-NABCI México, Comisión Federal de Electricidad (CFE), Unidos Para la Conservación (UPC), Instituto de Ecología, UNAM, National Fish and Wildlife Foundation, NFWF, Agrupación Dodo AC, USFWS (Sonoran Desert Joint Venture, Oficina en Nuevo México). 2002. *Electrocución de aves en líneas eléctricas de México*. México. [Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/371.pdf>] [fecha de consulta: 1 de Julio de 2014]
- 196 INE-Semarnat, 2002. Electrocución de aves en líneas eléctricas de México: Hacia un diagnóstico y perspectivas de solución. Memorias del Primer Taller sobre electrocución de aves en líneas eléctricas de México: hacia un diagnóstico y perspectivas de solución, pp 88.
- 197 De La Zerda, Susana y Roselli, Loreta. 2003. Mitigación de Colisión de aves contra líneas de transmisión eléctrica con marcaje de cable de guarda. *Ornitología Colombiana* (2003):43-62.

- 198 López Gómez A. M. y G. Williams Linera. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México, No. 78, junio, 2006, pp. 7-15, Sociedad Botánica de México. México.
- 199 Jiménez-Valverde A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología. Vol. 8, 31-XII-2003. Grupo Ibérico de Aracnología. Madrid, España.
- 200 Martella, M.B.; E. Trumper, L.M. Bellis, D. Renison, P.F. Giordano, G. Bazzano y R.M. Gleiser. 2012. Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 1-31, 2012.
- 201 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2019. ¿Qué es la biodiversidad? https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es
- 202 Maass, J y Yrizar Martínez, A. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. Centro de Ecología, UNAM. México. recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/cns/espno04/CNSE0403.pdf>
- 203 Odum, E.P. 1986. Perspective of ecosystem theory and application. In: Polunin, N. (Ed) *Ecosystem theory and application*. Environmental Monographs and Symposia. John Willey & Sons, New York. Pp 1-11
- 204 Patten, B.C. 1975. Ecosystem as a co-evolutionary unit: a theme for teaching systems ecology. In: Innis, G.S. (Ed) *New directions in the analysis of ecological systems*. Part 1. Society for Computer Simulation. La Jolla, California. Pp:1-81
- 205 CONABIO, 2008. *Capital natural de México*, vol 1: *Conocimiento de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
- 206 Consejo Nacional de Población (CONAPO - México) y Fundación BBVA. 2019. Anuario de migración y remesas México. Primera edición. 185 p.
- 207 INEGI. 2018. Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica 2018. Consulta disponible en: < <https://www.inegi.org.mx/temas/migracion/>>
- 208 INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda.
- 209 SEDESOL. 2014. Reglas de Operación del Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP), para el ejercicio fiscal 2014, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28/12/2013. Disponible en: http://www.microrregiones.gob.mx/documentos/2014/RO_PDZP2014_DOE.pdf y < <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=13&mun=044>>
- 210 Franco Sánchez, Laura M. 2012. La migración en el Estado de Hidalgo, un enfoque de desarrollo regional. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). ISBN: 978-607-482-183-3. 182 p.
- 211 Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI-México). 2016. Estructura económica de Hidalgo en síntesis. 20 p.
- 212 Consejo Estatal de Población (COESPO-Hidalgo). 2015. Hidalgo, Perfiles sociodemográficos municipales, 2010 y 2015. Disponible en <http://poblacion.hidalgo.gob.mx/pdf/perfiles/pp_municipios-Nopala.pdf>
- 213 Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-México (CDI : PNUD). 2010. Panorama socioeconómico de la población indígena del Estado de Hidalgo: indicadores e información sobre los pueblos indígenas de Hidalgo. 63 p.
- 214 Muñoz Criado, A. Guía metodológica. Estudios de paisaje. Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. La Imprenta CG.
- 215 Burel, F. y J. Baudry. 2002. Ecología del paisaje: Conceptos, métodos y aplicaciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México.
- 216 Toledo, A. 2006. Agua, hombre y paisaje. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología (INE). México, D.F. 261 p.
- 217 Urquijo, T. y Barrera, B.N. 2009. Historia y paisaje. Explorando un concepto geográfico monista. Andamios. Revista de Investigación Social, 227-252.
- 218 Cifuentes, P. 1979. La Calidad Visual de Unidades Territoriales. Aplicación al Valle del Río Tiétar. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ing. de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.
- 219 Aramburu Maqua, M.; Escribano Bombín, R.; López Hernández, R.; Sánchez Ramos, P. 2005. Cartografía del paisaje de la comunidad autónoma de la Rioja. Departamento de Proyectos y Planificación Rural; Unidad Docente de Planificación y Proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 15-84 pp.
- 220 Escribano, R., Frutos, M., Iglesias, E. y Tonecilla, I. 1987. El paisaje ministerio de obras públicas y transportes. Secretaria de Estado para las políticas del agua y el medio ambiente. Madrid.
- 221 Solari F.A. y L. Cazorla. 2009. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje. Cuaderno 30. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. 213-226 pp.

- 222 Bronchalo González, E. 2002. Gestión sostenible del paisaje visual en el término municipal de Rascafría (Comunidad de Madrid). Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía, t. 15: 95-107.
- 223 Montoya, A.R.; Padilla, R. y Stanford, C.S. 2003. Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Boletín de la A.G.E. No. 35: 123-136.
- 224 García García, C. 1999. Manual de gestión y contenido de proyectos mineros. España: Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones.
- 225 Arias Sierra, P. 2003. Periferias y nueva ciudad: El problema del paisaje en los procesos de dispersión urbana. España: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- 226 CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, México, D.F. 204 p.
- 227 Yeomans, W.C. (1986). Visual impact assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.
- 228 Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1ra Edición digital. México.
- 229 Balleza Gallardo, C.S. 2017. Análisis del deterioro ecológico del matorral crasicaule en el valle de San Luis Potosí (México). Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 145 p.
- 230 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT-CONANP). 2013. Programa de Manejo de Áreas de Protección de Flora y Fauna, Maderas del Carmen. 151 pp.
- 231 Czeglédi L., y A. Radácsi, 2005. "Overutilization of pastures by livestock." Gyepgazdálkodási Közlemények, 3: 29-35.
- 232 Wang, Q., y O. Batkhishig. 2014. "Impact of Overgrazing on Semiarid Ecosystem Soil Properties: A Case Study of the Eastern Hovsgol Lake Area, Mongolia". J. Ecosys. Ecograph, 4(1): 1-7.
- 233 Amine, H.B.; G. Raphael, y H. Okkacha, 2014. "Impact of over grazing on vegetation and physic chemical characters of soil steppiques in western Algerian". International Journal of Basic and Applied Sciences, 3(3): 328-334.
- 234 Martínez-Yrizar, Angelina, Richard Stephen Felger y Alberto Búrquez. 2009. Los ecosistemas terrestres de Sonora: un diverso capital natural. En: F. Molina-Freaner y T. Van-Devender, eds. Diversidad biológica del estado de Sonora. UNAM, México, pp. 129-156
- 235 WHITTAKER, R. 1975. Communities and Ecosystems. 2a. ed. MacMillan, Nueva York.
- 236 OSBORNE, P.L. 2000. Tropical Ecosystems and Ecological Concepts. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra
- 237 DailDAILY, G.C. 1997a. Introduction: What are ecosystem services? En: G. Daily, ed. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, D.C., pp. 1-10.
- 238 COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, S. NAEEM, K. LIMBURG, J. PARUELO, R.V. O'NEILL, R. RASKIN, P. SUTTON y M. VAN DEN BELT. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature 387: 253-260.
- 239 DAILY, G.C. 1997b. Valuing and safeguarding Earth's life support systems. Pp. 365-374. G. Daily, ed. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, D.C.
- 240 WSTB (Water Science and Technology Board Report) 2004. Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making (<http://dels.nas.edu/wstb>).

Manifestación de Impacto Ambiental

Modalidad regional
MIA-R



“Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”

**CAPÍTULO V. Identificación,
caracterización y evaluación de los
impactos ambientales,
acumulativos y residuales del
sistema ambiental regional**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

V.	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional-----	1
V.1	Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales -----	8
V.1.1	Identificación de impactos ambientales -----	8
V.1.2	Valoración de impactos -----	19
V.1.3	Determinación de magnitud de los impactos destacables-----	27
V.1.4	Impactos residuales -----	50
V.1.5	Impactos acumulativos -----	53
V.2	Bibliografía-----	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1	Etapas, componentes y acciones del proyecto	9
Tabla V.2	Matriz de acciones seleccionadas a partir del cribado	12
Tabla V.3	Factores y subfactores ambientales	13
Tabla V.4	Interacciones con el medio	14
Tabla V.5	Interacciones con el factor	15
Tabla V.6	Interacciones que se generarán en cada etapa del proyecto.....	16
Tabla V.7	Interacciones que potencialmente pueden generar los componentes.....	17
Tabla V.8	Relación integrada de impactos, utilizando como criterio la naturaleza del efecto y el factor ambiental sobre el cual impactan	19
Tabla V.9	Definición de los conceptos determinantes de la significancia del impacto, según la definición que establece el REIA/LGEEPA para el impacto significativo	21
Tabla V.10	Determinación de la significancia de los impactos del proyecto	22
Tabla V.11	Atributos de impacto para determinar incidencia	24
Tabla V.12	Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados.....	26
Tabla V.13	Relación de impactos destacables	26

Tabla V.14 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	29
Tabla V.15 Disminución puntual de la infiltración	30
Tabla V.16 Incremento temporal de partículas suspendidas.....	31
Tabla V.17 Incremento temporal en los niveles de ruido	31
Tabla V.18 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	32
Tabla V.19 Modificación puntual del curso de escorrentías	33
Tabla V.20 Incremento de la susceptibilidad de erosión	34
Tabla V.21 Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	34
Tabla V.22 Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución	36
Tabla V.23 Pérdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto.....	41
Tabla V.24 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	41
Tabla V.25 Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	42
Tabla V.26 Pérdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto.....	45
Tabla V.27 Afectación a individuos de especies de flora endémica y con categoría de riesgo	47
Tabla V.28 Disminución local de los valores de la calidad paisajística.....	49
Tabla V.29 Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	49
Tabla V.30 Impactos destacables con carácter de residualidad.....	52
Tabla V.31 Impactos potenciales de los proyectos identificados en el SAR.....	55
Tabla V.32 Valores de los criterios aplicados para determinar acumulación.....	59
Tabla V.33 Matriz de estimación de valores estandarizados de acumulación.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V.1 Proceso metodológico para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales del proyecto	7
Figura V.2 Procedimiento para valorar la significancia de los impactos ambientales	20
Figura V.3 Severidad del impacto	29
Figura V.4 Electrocutión de aves con líneas de transmisión	38
Figura V.5 Superficie ocupada por vegetación forestal en función del tiempo.....	64
Figura V.6 Superficie ocupada por vegetación de matorral crasicuale en función del tiempo.	64

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional

El presente capítulo integra la parte medular del estudio de impacto ambiental del proyecto “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”, tal como se encuentra establecido en la guía emitida por la SEMARNAT¹. Derivado del objetivo central de una manifestación de impacto ambiental^{II}, en el presente capítulo se identifican, caracterizan y evalúan los impactos ambientales, con especial énfasis en los significativos, además de los impactos acumulativos y residuales del sistema ambiental regional (SAR), dado el carácter regional de la MIA; lo que implica diseñar una metodología *ad hoc* que permita destacar los impactos ambientales significativos, así como aquellos que ostenten características de acumulación y residualidad, no solo como parte del proyecto en evaluación, sino a nivel del SAR.

Actualmente existe un gran número de métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de los cuales han sido desarrollados para proyectos específicos, impidiendo su generalización a otros. Sanz (1991)² afirma que, hasta esa fecha, eran conocidas más de cincuenta técnicas, siendo muy pocas las que gozaban de una aplicación sistemática. Dichos métodos se valen de instrumentos, los cuales son agrupados por el autor en tres grandes grupos, así: modelos de identificación (listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, otras), modelos de previsión (empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos “*in situ*”, con el fin

^{II} La fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA define a la manifestación de impacto ambiental como: *el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo*. Esto es, en la tipología de los impactos ambientales el legislador concentró el objetivo de una MIA en la identificación, evaluación y descripción de los impactos significativos ya que en la gestión ambiental, la condición de significancia la alcanza un impacto cuando va a rebasar los criterios de sustentabilidad que les definen, consecuentemente, la determinación de la significancia de cada uno de los impactos que se reconozcan en este ejercicio conforma la esencia del esfuerzo.

de predecir las alteraciones en magnitud), y modelos de evaluación (cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos).

Canter (1998)³, establece que, aunque se han desarrollado diversas técnicas, no hay una técnica universal que pueda aplicarse a todo tipo de proyectos en cualquier medio en el que éste pretenda establecerse. En ese sentido cada técnica que se utilice debe ser específica para el proyecto que se evalúe y el medio ambiente en el cual éste pretende insertarse, sobre la base de los conceptos básicos de las técnicas existentes.

El propósito de la técnica que se emplee es el de asegurar que se han incluido en la valoración todos los factores ambientales destacables y lograr obtener una síntesis de la información que deriva del alcance de los impactos que podrá generar el proyecto y de las alternativas que pueden surgir para atenderlos, todo lo cual, independientemente de que conforma un conjunto de elementos que evalúa la autoridad para asumir la decisión respecto a la viabilidad o inviabilidad del proyecto, también forma parte de la base de actuación de la empresa que promueve el proyecto para alcanzar su verdadera sostenibilidad.

Es importante recordar que los impactos ambientales se caracterizan por el sello que les imprimen varios atributos, de los cuales, tres son usualmente más considerados en el proceso de identificación y de valoración del impacto de un proyecto:

- La **magnitud**: calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- La **significancia**: condicionada por la intensidad, la extensión, el momento y la reversibilidad de la acción.
- El **signo**: (+) si es benéfico, o (-) si es perjudicial.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre la situación del ambiente en su estado actual y la que tendrá en el futuro modificado (proyecto ejecutado), considerando la tendencia que tendría el entorno y como habría evolucionado sin la realización del proyecto, lo cual se conoce como alteración neta (Conesa, 1993)⁴

El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad dados producen por su ejecución es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA); dicho análisis permite determinar su aceptación, modificaciones necesarias o rechazo por parte de las entidades que tengan a su cargo la aprobación del mismo.

Convencionalmente se acepta que la EIA admite varias aproximaciones en su definición, las cuales son interdependientes entre sí, estas son:

- Aproximación conceptual: percibe la EIA como un proceso de análisis conducente a la formación de un juicio previo, lo más objetivo posible, acerca de la importancia que tienen los impactos generados por actividades desarrolladas por el hombre - proyectos- y las posibilidades existentes para su prevención de ocurrencia, o reducción a niveles aceptables.

- Aproximación administrativa: se enfoca la EIA como un procedimiento de carácter administrativo, que conduce a la aceptación, modificación o rechazo definitivo de un proyecto sometido a evaluación, con base en la incidencia que éste tenga en el medio.
- Aproximación técnica: entiende la EIA como un proceso analítico que busca identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar), prevenir, y comunicar (participación pública) el IA de un proyecto en caso de que éste sea ejecutado. De esta forma, la EIA desde la aproximación técnica, representa la herramienta fundamental para la toma de decisiones desde la esfera de la administración, o soporte para la aproximación administrativa.

En ésta MIA, la aproximación conceptual da sustento a la aproximación administrativa, ya que es a través de ese enfoque como se hace llegar a la autoridad normativa (SEMARNAT) la propuesta de proyecto y, en tal sentido es importante iniciar el desarrollo de éste capítulo considerando que la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), define que la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA) es *el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.*

Con base en lo anterior, el objetivo fundamental de una MIA es identificar los impactos ambientales significativos que puede generar un proyecto. Al respecto es conveniente abordar este aspecto asumiendo en toda su dimensión la definición que ofrece el marco reglamentario de la LGEEPA respecto a lo que se entiende por impacto ambiental significativo:

“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” (Fracción IX, Artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, REIA).

Sobre la base de lo expuesto, en esta MIA y de acuerdo con lo que dispone la fracción V del artículo 12 del REIA, en el presente capítulo se presenta la identificación, la descripción y la evaluación de los impactos ambientales, centrando el objetivo del análisis en la identificación de aquellos impactos que, por sus características, pudieran ajustarse a la definición dispuesta en la fracción IX del Artículo 3° del REIA antes transcrita.

Para alcanzar lo anterior, la integración de este capítulo se basó en el análisis e interpretación de:

- Las características de los componentes del proyecto y la identificación de las acciones (Capítulo II) que potencialmente puedan propiciar impactos a los factores ambientales susceptibles de recibirlos (Capítulo IV).

- La vinculación del proyecto con las disposiciones, reglas y recomendaciones de los diversos instrumentos jurídicos aplicables al mismo (Capítulo III).
- El diagnóstico ambiental del área de establecimiento del proyecto (AeP), y la valoración de la calidad del Sistema Ambiental Regional (SAR) dentro del cual se pretende insertar al proyecto. Ambos componentes descritos en el capítulo IV de este documento.
- Los usos del suelo definidos para el proyecto por el promovente (Capítulo II)
- La información generada en trabajos de campo y verificación (Capítulo II y IV).
- Técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental.

Complementario a lo anterior es importante destacar que las MIA's regionales se caracterizan además por dos rubros:

1. Conducir el proceso de identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales significativos, particularmente a los de tipo acumulativo y residual, y
2. Realizar ese alcance en el sistema ambiental regional.

Estos dos objetivos adquieren particular preponderancia en la MIA regional, por una parte, porque al enfocar el análisis de identificación y evaluación a los impactos acumulativos, se aborda uno de los rubros más importantes en la planeación del desarrollo. La acumulación es, tal vez, el problema más importante en el deterioro del ambiente, por lo que la identificación de los impactos que potencialmente pueden ser acumulativos es una acción preventiva relevante por la anticipación que deberá presentarse de manera consecuente.

La definición jurídica del concepto impacto ambiental acumulativo la restringe a: "*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*", (fracción VII, artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, REIA). Esta redacción, hermenéuticamente difusa, requiere complementarse con la acepción técnica que define al concepto en países con mayor desarrollo técnico en este campo.

Los impactos acumulativos son los efectos que pueden ocurrir cuando determinadas acciones de un proyecto, sobre los factores del ambiente se llevan a cabo con tanta frecuencia en el tiempo o en el espacio y tan densamente, que la resiliencia de esos sistemas naturales no puede asimilarlos. También pueden identificarse cuando los efectos negativos de una actividad se combinan con los de otra en una forma casi incremental; así, los impactos acumulativos son los cambios potenciales de origen antropogénico o inducidos por el hombre sobre los factores de los ecosistemas, que incrementan su incidencia y su magnitud en el tiempo y en el espacio. Los impactos acumulativos son aditivos y persistentes en el tiempo. Si bien, los efectos acumulativos se refieren a la degradación ambiental progresiva en el tiempo, tienen su origen en un conjunto de actividades a lo largo de un área o región.

Los impactos acumulativos son los resultados brutos o netos que se originan en un conjunto de proyectos o actividades, en desarrollo o por desarrollarse y no necesariamente relacionadas

entre sí, en condiciones que dan lugar al incremento de su incidencia y de su magnitud en el tiempo y/o en el espacio.

Por otra parte, los impactos residuales son definidos en el REIA, en términos poco objetivos: *“es el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación”* (fracción X, del artículo 3 del REIA). Al igual que en la definición del impacto acumulativo, esta definición es incompleta y no tiene el alcance que tiene dicho concepto en la gestión ambiental, por ello, complementariamente a lo que establece al respecto el REIA, en esta MIA-R dicha definición se complementa con la consideración adicional de que, el impacto ambiental residual también es aquel que no tiene forma de ser mitigado, una vez que se ha ajustado la acción del proyecto que lo puede generar.

Bajo estas consideraciones se abordan ambos conceptos en esta MIA-R con el agregado de que el alcance de los trabajos a desarrollar no solo implica considerar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales que podría generar el proyecto, incluyendo específicamente a los acumulativos y residuales, sino principalmente a los que se adjudiquen a otros proyectos que se ubiquen dentro de la poligonal envolvente del SAR.

Así, los diversos apartados que integran este capítulo se ajustan estrictamente a las recomendaciones que establece la guía emitida por la SEMARNAT⁵, sobre todo, al objetivo que dispone la LGEEPA para una MIA, esto es, dar a conocer (se entiende que a la autoridad competente), el **Impacto Ambiental Significativo (IAS)** y potencial que pudiera generarse por la construcción y operación del proyecto **“Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”**.

Con base en el análisis que se realizó en apartados anteriores, en particular la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), los eventos de cambio en el mismo, su caracterización y análisis, en este apartado se identifican, se describen y se evalúan los impactos ambientales adversos y beneficios de carácter significativo (IAS) que generará la interacción entre el desarrollo del proyecto, su área de influencia y sus efectos en el SAR.

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto - entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en el mismo. Por lo anterior, se desarrolló una técnica que garantice la estimación de los impactos provocados por la ejecución del proyecto y que permita reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto, derivando de ello el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR delimitado, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la definición que al respecto establece la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA).

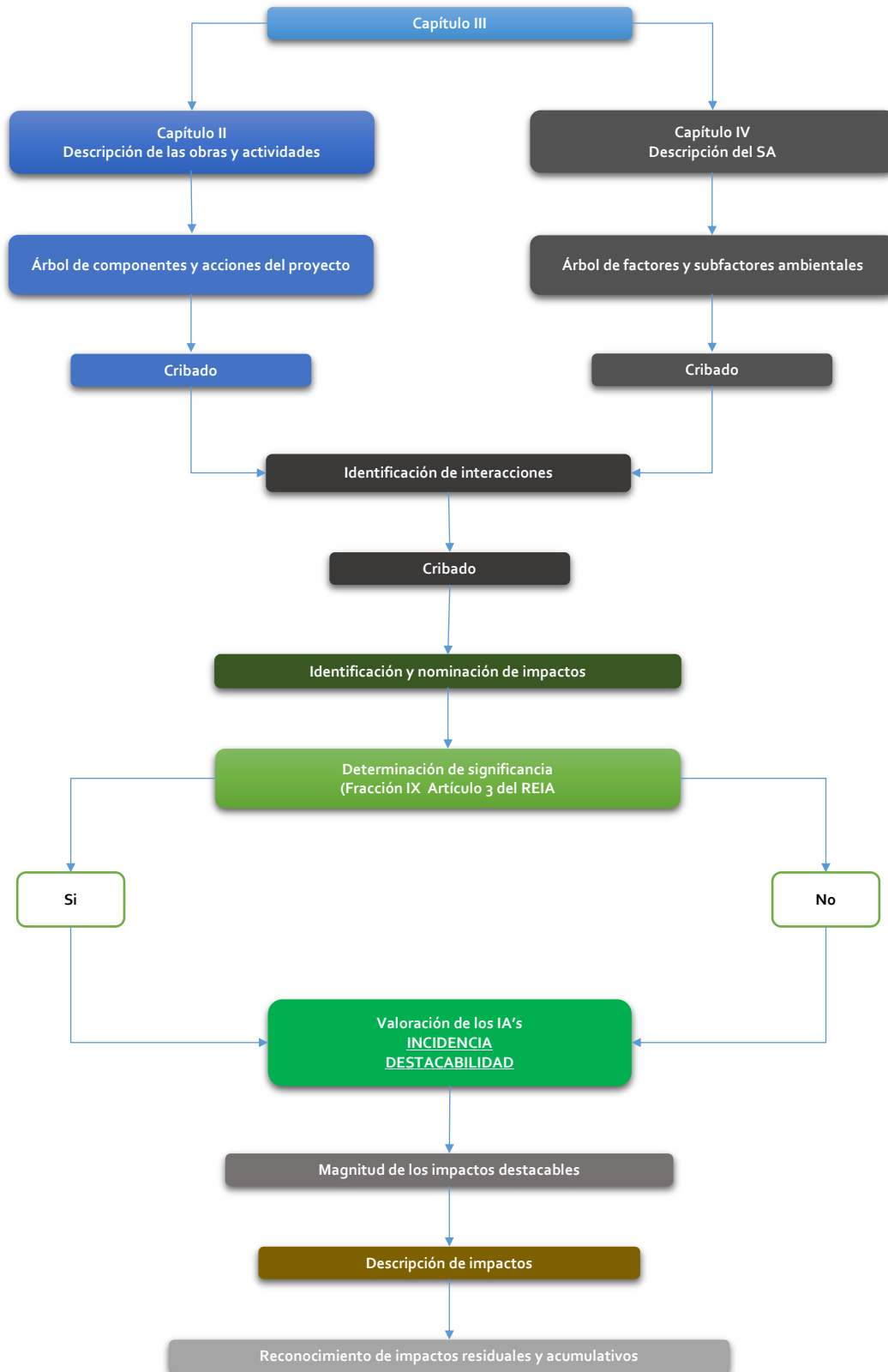
Si bien la Secretaría, de acuerdo a lo establecido en el párrafo tercero del Artículo 9 del REIA, *proporcionará guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo*, el contenido de las mismas es, en efecto, una guía, por lo que el contenido de cada capítulo de la MIA deberá ajustarse a lo que establece, en este caso para una MIA modalidad regional, el Artículo 13 del REIA, que en el caso particular del capítulo V se refiere a la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.

Derivado de lo anterior, el proceso metodológico diseñado que se siguió para desarrollar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales del proyecto se concreta en esta MIA-R en los ocho apartados establecidos en el artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

- a) Identificación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales.
- b) Valoración de los IA's, y
- c) Descripción.

En este mismo orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus etapas y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos en los componentes del entorno, considerando la información señalada en el Capítulo II de la MIA-R, concentrada en el esquema denominado **“árbol de etapas, componentes y acciones del proyecto”**. De igual manera se retomó la información de definición y delimitación del SAR, así como la descripción de los elementos constitutivos del ambiente (factores y subfactores ambientales), definido en el Capítulo IV de esta MIA-R en el esquema denominado **“árbol de factores y subfactores ambientales”**. Posteriormente se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas conforman a un primer conjunto de impactos potenciales. Una vez identificadas las relaciones causa – efecto (impactos), se procedió a cribar ese conjunto de efectos (impactos), mediante un proceso de tamizado que inicialmente considera los supuesto que definen al IAS desde el enfoque del reglamento de la LGEEPA para la evaluación del impacto ambiental, para, de ser el caso, retomar todos aquellos impactos que pudieran alcanzar esa consideración (significativos o relevantes) o, asumir otro esquema complementario que coadyuve a evidenciar los IA's destacables sobre bases convencionales que pudieran ser supletorias de las que ofrece la fracción IX del artículo 3° del REIA (figura V.1).

Figura V.1 Proceso metodológico para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales del proyecto



V.1 Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales

En la integración de esta MIA-R, por técnica se entiende el planteamiento estructurado de cómo llevar a cabo una o varias actividades del proceso de evaluación del impacto ambiental, Canter 1998 (*op. cit.*) cita que se han desarrollado muchas técnicas de ayuda para la realización de las distintas tareas del proceso de EIA, como es el caso de la identificación de los impactos ambientales del proyecto. La de uso más generalizado es la de Leopold⁶, la cual emplea una matriz simple la cual recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 factores ambientales; una parte sustantiva de ésta técnica es la de la estimación de la magnitud para lo cual propone la asignación de valores numéricos comprendidos entre el 1 y el 10, en la cual el valor de 10 representa la magnitud mayor y 5 (por ejemplo), una magnitud intermedia, la técnica de Leopold adolece de imprecisiones difíciles de superar, por lo que su adopción como herramienta para esta MIA-R, fue rechazada.

Se optó por adoptar y adaptar la propuesta de Gómez Orea (2013)⁷, la cual integra un enfoque holístico que ayuda a limitar la incertidumbre natural asociada a un proceso de predicción como lo es la EIA. Dicha técnica adaptada a los requerimientos de nuestro marco jurídico y administrativo, permite arribar a determinaciones sobre las desviaciones de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto en la “línea base” o T0 determinada como corolario del Capítulo IV de esta MIA-R, tanto para cada impacto potencial a generar como por el proyecto en su conjunto; dicha técnica (adaptada a nuestras condiciones) es detallada en el **anexo VIII.V.1** de esta MIA-R.

V.1.1 Identificación de impactos ambientales

El proceso de identificación de impactos que se aborda en esta MIA-R se inicia con la identificación de los componentes y de las acciones^{III} del proyecto potencialmente propiciadores de impactos al ambiente (conclusión del Capítulo II de esta MIA-R) y por la identificación de los factores y sub factores del ambiente que pueden recibir el efecto de los componentes y de las acciones del proyecto (conclusiones del Capítulo IV de esta MIA-R); así, en esta etapa se llega a un nivel prospectivo que inició a partir del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del sistema ambiental para concluir con la determinación de las interacciones (impactos) entre los componentes del proyecto y los factores del ambiente para lograr concretar algún proceso que permita determinar su significancia, en el contexto de la definición que al respecto ofrece el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental (REIA).

^{III} En esta MIA se asume la convención de nominar a los elementos constitutivos del proyecto como componentes y acciones y, a los elementos constitutivos del ambiente como factores y sub factores, ello para no propiciar confusiones cuando se utilicen esos conceptos de manera indistinta, por ello, siempre que se hable de componente y/o de acción, se estará abordando un elemento constitutivo del proyecto y, por el contrario, cuando se mencione a un factor y/o a un sub factor se estará abordando un elemento constitutivo del ambiente.

V.1.1.1 Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos

En el caso de los elementos constitutivos del proyecto, se entiende por acción, en general, la parte activa que interviene en la relación causa efecto que define un impacto ambiental (Gómez Orea. 2013. *Op. Cit.*). Para la determinación de dichas acciones, se desagrega el proyecto en tres niveles: las etapas del proyecto, sus componentes y las acciones concretas, propiamente dichas.

- a) **Etapas:** Se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto:
 - i. Preparación
 - ii. Construcción
 - iii. Operación y mantenimiento
 - iv. Abandono
- b) **Componentes:** Integra las partes homogéneas del proyecto, por ejemplo: trazo y nivelación, apertura de zanjas, etc., o procesos de distinta naturaleza. El componente, se refiere si más al segundo nivel de desagregación del proyecto.
- c) **Acciones concretas:** Una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien identificada y localizable del impacto

En esta etapa del proceso, se alcanza una relación exhaustiva de los componentes y de las acciones del proyecto, las cuales, por su número importante, será preciso cribar para arribar a un conjunto operable al identificar impactos ambientales.

De acuerdo con las características del proyecto “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW” las acciones que podrán derivar de la ejecución del proyecto en todas sus etapas, son aquellas identificadas en la parte final del Capítulo II de esta MIA-R, las cuales suman un total de 89 (Tabla V.1).

**Tabla V.1
Etapas, componentes y acciones del proyecto**

Etapas	Componente	Acciones	ID
Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras	1
		Contratación de personal	2
	Trazo	Ingreso de personas	3
		Circulación de vehículos	4
		Levantamiento topográfico	5
		Marcaje de áreas	6
	Preparación del terreno	Ingreso de personas	7
		Circulación de vehículos	8
		Circulación de maquinaria	9
		Desmorte (retiro de vegetación)	10
		Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	11
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	12
Construcción	Generales durante la construcción	Ingreso de personas	13

Etapas	Componente	Acciones	ID
		Circulación de vehículos	14
		Circulación de maquinaria	15
		Excavación	16
		Compactación	17
		Nivelación	18
		Cortes	19
		Rellenos	20
		Generación de residuos	21
		Riego de áreas de trabajo	22
	Obras temporales (zonas de acopio, almacenes, campamentos y oficinas)	Adecuación de áreas para el acopio de material retirado	23
		Adecuación de áreas para estacionamiento	24
		Construcción de almacenes temporales	25
		Construcción de comedor y cocina	26
		Construcción de oficinas	27
		Construcción de control del acceso a obra	28
	Caminos	Rehabilitación de caminos existentes	29
		Apertura y adecuación de nuevos caminos	30
	Abastecimiento de materiales e insumos	Adquisición de insumos y materiales	31
		Traslado de insumos y materiales	32
		Ingreso de personas	33
		Ingreso de vehículos cargados de materiales e insumos	34
		Descarga de insumos y materiales	35
	Planta fotovoltaica	Realización de zanjas para acometida de cables	36
		Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)	37
		Hincado de fustes	38
		Montaje del seguidor solar a un eje horizontal	39
		Montaje de los módulos fotovoltaicos	40
		Instalación y conexión a cuadros eléctricos	41
		Tendido de cables	42
		Tendido y conexión de red de tierras de la instalación	43
		Instalación de equipos eléctricos	44
		Vallado perimetral	45
		Habilitación de viales internos	46
		Instalación de equipo de seguridad	47
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	48
		Subestación eléctrica	Conformación de plataforma
	Trazo de ejes principales para referencia		50
	Excavación para cimentación		51
	Realización de cimentaciones		52
	Construcción de edificio de control		53
	Construcción de sistema de drenaje (canales y cunetas de salida de agua)		54
	Instalación de malla para sistema de tierras		55
	Construcción de ductos, registros y trincheras para cables eléctricos		56
	Construcción de cerco perimetral		57
	Construcción de pisos terminados		58
	Montaje de estructura mayor y menor		59
	Montaje de equipo primario		60
	Montaje de tableros		61
	Montaje de bandejas en cuarto de control		62
	Montaje de banco de baterías y cargadores		63
	Instalación del sistema de alumbrado exterior		64
	Pruebas preoperativas		65

Etapas	Componente	Acciones	ID	
	Línea de transmisión	Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	66	
		Construcción de cimientos para estructuras	67	
		Colocación de sistema de tierras en las estructuras	68	
		Montaje de estructuras	69	
		Vestido de estructuras	70	
		Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza	71	
		Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda	72	
		Tendido, regulado y engrapado de cables	73	
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	74	
		Limpeza y reacondicionamiento	Remoción obras provisionales	75
			Retiro de residuos	76
Operación y mantenimiento	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	77	
		Supervisión del funcionamiento	78	
		Inspección visual	79	
		Lavado de paneles solares	80	
		Comprobación de estado	81	
		Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	82	
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	83	
Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal	84	
		Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	85	
		Disposición de residuos	86	
		Descompactación del suelo	87	
		Colocación de tierra vegetal	88	
		Trasplante de vegetación	89	

Dada esta vastedad de acciones, de acuerdo con lo que establece la técnica utilizada, se aplicó el primer proceso de cribado con base en los criterios propuestos por Gómez Orea (*Op. cit.*), para seleccionar aquellas acciones concretas: relevantes, excluyentes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables; estos conceptos fueron asumidos como atributos de cada acción y, adjudicando un valor adimensional a cada uno de ellos, fue evaluada cada acción, para que en su expresión máxima la acción más destacada pudiera alcanzar el valor de 1.0.

En un esfuerzo de congruencia, se asumió una directriz de precautoriedad que no obligará a considerar únicamente las acciones que alcanzaran un valor de 1.0 punto, sino a todas aquellas que tuvieran una puntuación ≥ 0.6 denominada “valor umbral de selección”. De esta forma, del universo de las 89 acciones, el ejercicio de selección (cribado) permitió obtener un total de 51 acciones (Tabla V.2) lo cual aseguró considerar aquellas acciones que aún y cuando no satisficieran todos los atributos fuesen consideradas para no sesgar la selección retomando únicamente las acciones que alcanzarán el valor máximo.

Tabla V.2 Matriz de acciones seleccionadas a partir del cribado

Etapas	Componente	Acciones		Criterios de selección							
				R	E	FI	L	M	Valor	Selección	
Preparación del sitio	Preliminares	Adquisición de tierras	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Contratación de personal	2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
	Trazo	Marcaje de áreas	3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1	
	Preparación del terreno	Desmante (retiro de vegetación)	4	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.8	1	
		Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.8	1	
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	1	
Construcción	Generales durante la construcción	Ingreso de personas	7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Circulación de vehículos	8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Circulación de maquinaria	9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Excavación	10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Compactación	11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Nivelación	12	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Cortes	13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Rellenos	14	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Generación de residuos	15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Riego de áreas de trabajo	16	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Caminos	Rehabilitación de caminos existentes	17	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.6	1
			Apertura y adecuación de nuevos caminos	18	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.8	1
	Planta fotovoltaica	Realización de zanjas para acometida de cables	19	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)	20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Hincado de fustes	21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Montaje del seguidor solar a un eje horizontal	22	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Montaje de los módulos fotovoltaicos	23	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Instalación y conexión a cuadros eléctricos	24	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Instalación de equipos eléctricos	25	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1	
		Vallado perimetral	26	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Habilitación de viales internos	27	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	1	
		Subestación eléctrica	Conformación de plataforma	28	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1
	Excavación para cimentación		29	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1	
	Realización de cimentaciones		30	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1	
	Construcción de edificio de control		31	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1	
	Construcción de cerco perimetral		32	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
	Construcción de pisos terminados		33	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.8	1	
	Línea de transmisión	Construcción de cimientos para estructuras	34	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Montaje de estructuras	35	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza	36	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
	Limpieza y reacondicionamiento	Remoción obras provisionales	37	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	1	
		Retiro de residuos	38	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	1	
	Operación y mantenimiento	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	39	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1
			Supervisión del funcionamiento	40	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1
			Inspección visual	41	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1
			Lavado de paneles solares	42	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.6	1
			Comprobación de estado	43	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1
			Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	44	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1
Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)			45	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	1	
Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	Despido de personal	46	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	1	
		Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	47	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.8	1	
		Disposición de residuos	48	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1	
		Descompactación del suelo	49	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1	

Etapas	Componente	Acciones	Criterios de selección							
			R	E	FI	L	M	Valor	Selección	
		Colocación de tierra vegetal	50	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	1
		Trasplante de vegetación	51	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.8	1
Total de acciones seleccionadas			51							

Criterios de selección

Relevantes (R): Han de ajustarse a la realidad del proyecto y ser capaces de desencadenar efectos notables.

Excluyentes (E): Para evitar solapamientos que puedan dar lugar a duplicaciones en la contabilidad de los impactos.

Fácilmente identificables (FI): Susceptibles de una definición nítida y de una identificación fácil sobre planos o diagramas de proceso.

Localizables (L): Atribuibles a una zona o punto concreto del espacio en que se ubica el proyecto.

Medibles (M): En la medida de lo posible, deben ser medibles en magnitudes físicas.

V.1.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos

Se denomina “factor” a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo, y agua (Gómez Orea. 2013. Op. Cit.), así como las consideraciones de índole social. Para el caso del proyecto, se retomó el árbol de factores ambientales obtenido como conclusión del análisis del inventario ambiental realizado en el Capítulo IV de esta MIA-R

En el proceso seguido en la integración de este capítulo de la MIA-R, del análisis de los elementos constitutivos del ambiente se identificaron 21 sub factores ambientales con susceptibilidad de recibir algún impacto en alguna fase del proyecto (Tabla V.3); dada la importancia de cada uno de estos sub factores todos ellos fueron considerados sin realizar algún cribado.

Tabla V.3 Factores y subfactores ambientales

Sistema	Subsistema	Factor	Subfactor	ID
Físico-natural	Abiótico	Agua	Calidad	1
			Cantidad	2
		Aire	Calidad	3
			Confort sonoro	4
		Suelo	Calidad	5
			Estructura	6
	Biótico	Procesos del medio inerte	Escorrentías	7
			Erosión	8
		Fauna	Riqueza y abundancia	9
			Hábitat	10
			Desplazamiento	11
			Endemismo y especies en riesgo	12
		Flora	Riqueza y abundancia	13
			Endemismo y especies en riesgo	14
	Perceptual	Paisaje	Calidad	15
	Usos del suelo y tipos de vegetación	Uso productivo	Uso agrícola	16
			Vegetación natural	17

Sistema	Subsistema	Factor	Subfactor	ID
Socioeconómico	Población	Condición de ocupación	Empleo	18
	Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica	19
			Gasoducto	20
		Renta	Valor del suelo	21

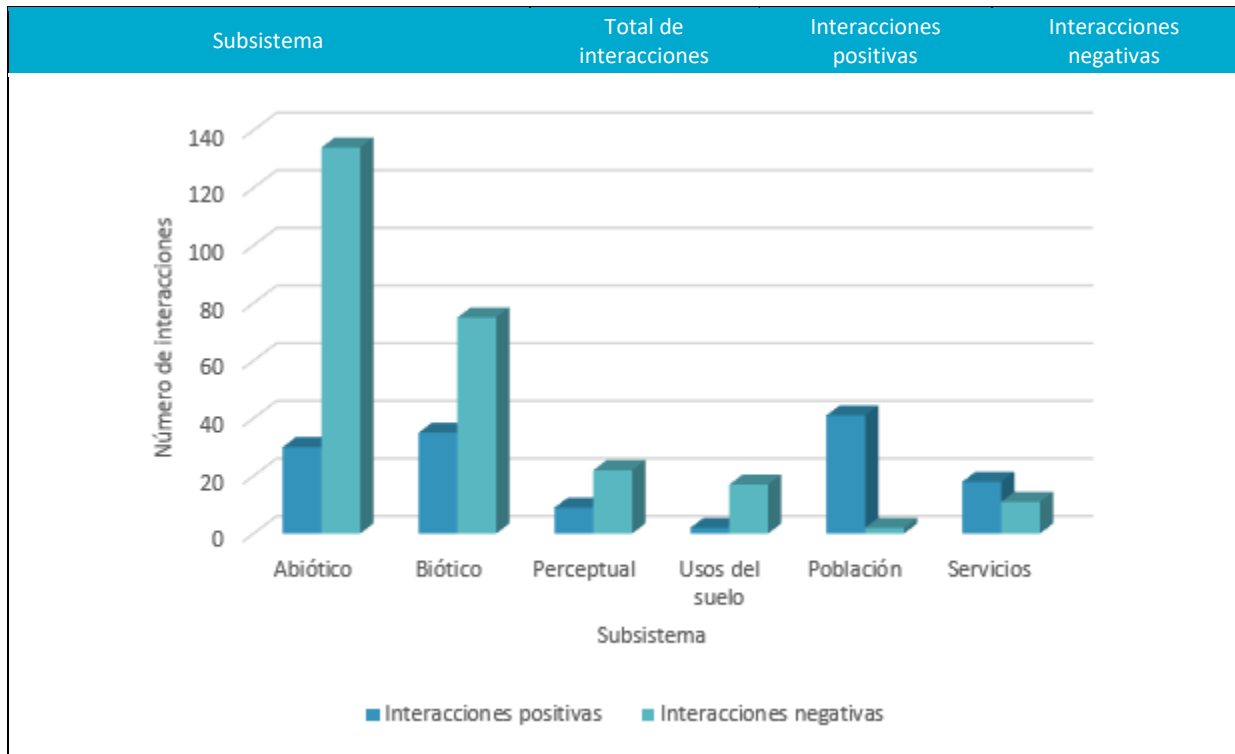
V.1.1.3 Matriz de Interacciones

Con la relación final de acciones seleccionadas y la relación de factores del ambiente se estructuró una matriz de identificación de interacciones (anexo VIII.V.2) en la cual se identificaron 396 interacciones entre los 21 subfactores y las 51 acciones del proyecto.

A partir de este ejercicio se vislumbran que el medio que recibirá más impactos es el medio abiótico, seguido del medio biótico y perceptual y los medios que recibirán menos impactos son población y servicios (Tabla V.4). En términos generales la construcción del proyecto generara más interacciones negativas que positivas, sin embargo, para los subsistemas: servicios y población se generaran más interacciones positivas que negativas y para los subsistemas: abiótico, biótico y perceptual son más interacciones negativas que positivas.

Tabla V.4 Interacciones con el medio

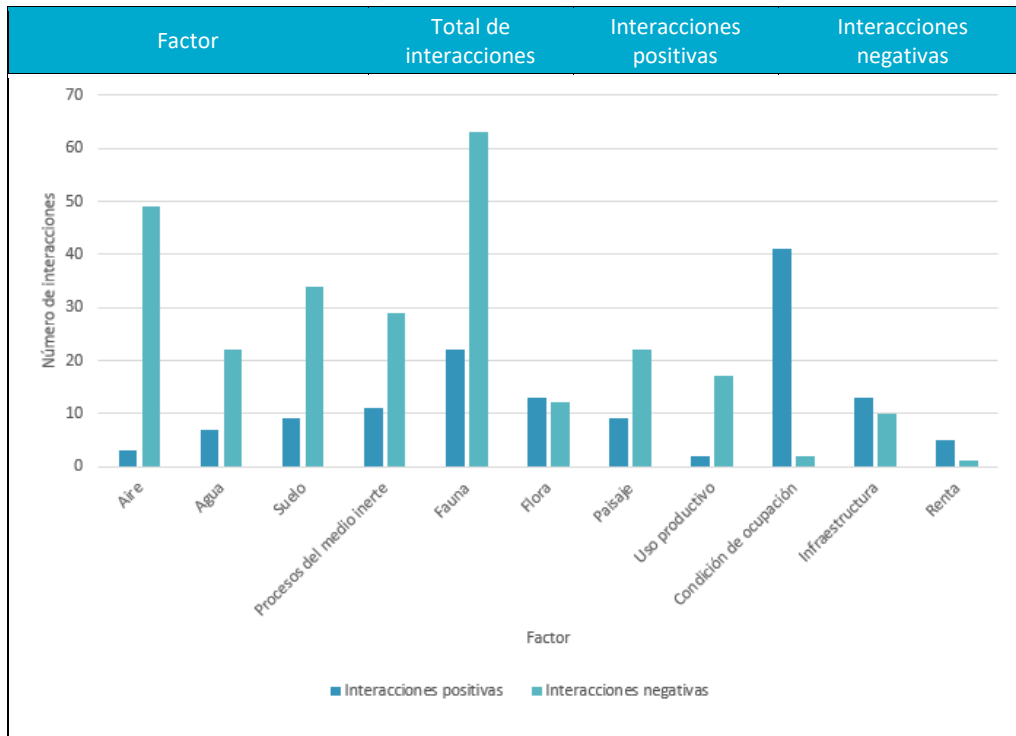
Subsistema	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Abiótico	164	30	134
Biótico	110	35	75
Perceptual	31	9	22
Usos del suelo	19	2	17
Población	43	41	2
Servicios	29	18	11
Total	396	135	261



Con base al número de interacciones identificadas se podría esperar que el factor más impactado sea la fauna y el menos impactado será renta (Tabla V.5)

Tabla V.5 Interacciones con el factor

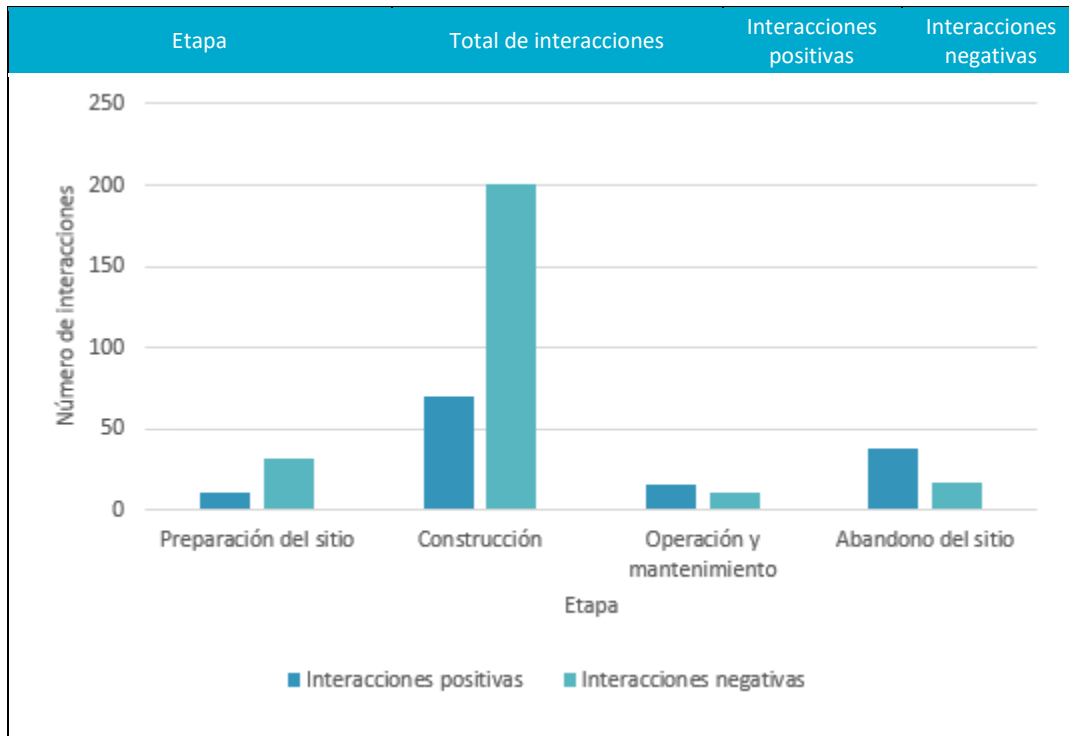
Factor	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Aire	52	3	49
Agua	29	7	22
Suelo	43	9	34
Procesos del medio inerte	40	11	29
Fauna	85	22	63
Flora	25	13	12
Paisaje	31	9	22
Uso productivo	19	2	17
Condición de ocupación	43	41	2
Infraestructura	23	13	10
Renta	6	5	1
Total	396	135	261



La etapa en la que se generará el mayor número de interacciones con el medio, es en la etapa de construcción, seguido de la preparación del sitio y las etapas en las que se genera el menor número de interacciones es en la operación y mantenimiento. El mayor número de interacciones negativas será en la etapa de construcción y preparación del sitio.

Tabla V.6 Interacciones que se generarán en cada etapa del proyecto

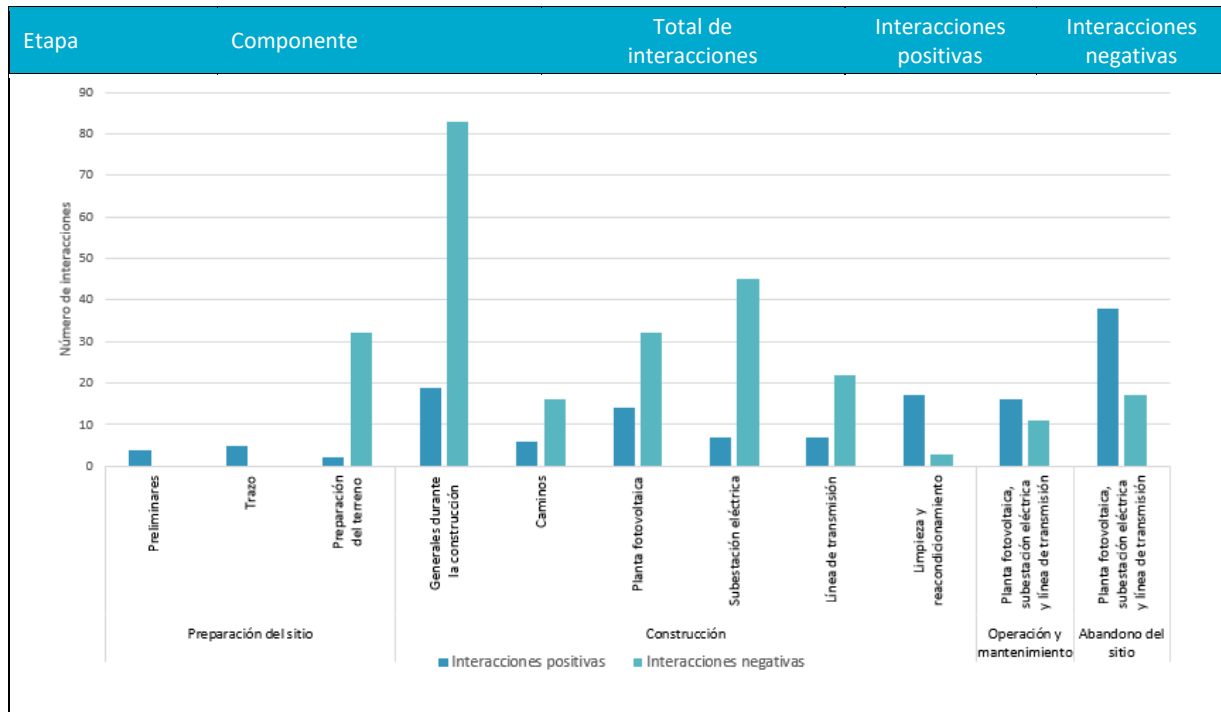
Etapa	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Preparación del sitio	43	11	32
Construcción	271	70	201
Operación y mantenimiento	27	16	11
Abandono del sitio	55	38	17
Total	396	135	261



El componente “generales durante la construcción” de la etapa construcción, es el componente con mayor número de acciones y a su vez es el componente que puede causar el mayor número de interacciones con los subfactores, (Tabla V.7)

Tabla V.7 Interacciones que potencialmente pueden generar los componentes

Etapa	Componente	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Preparación del sitio	Preliminares	4	4	0
	Trazo	5	5	0
	Preparación del terreno	34	2	32
Construcción	Generales durante la construcción	102	19	83
	Caminos	22	6	16
	Planta fotovoltaica	46	14	32
	Subestación eléctrica	52	7	45
	Línea de transmisión	29	7	22
	Limpieza y reacondicionamiento	20	17	3
Operación y mantenimiento	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	27	16	11
Abandono del sitio	Planta fotovoltaica, subestación eléctrica y línea de transmisión	55	38	17
Total		396	135	261



De este análisis resulta importante notar que 396 interacciones ya indican un universo, que debe ser valorado para identificar cuáles de esas interacciones son significativas e ir identificando estrategias que se concentren en el proceso de construcción del proyecto.

V.1.1.4 Nominación de impactos

En esta etapa la técnica adoptada propone ir nominando los impactos, de acuerdo a la forma gramatical que la propia técnica recomienda, con oraciones que comuniquen una idea completa e independiente.

De esta forma se identificaron 19 posibles impactos ambientales, de los cuales 16 son impactos negativos y 3 son impactos positivos (Tabla V.8), aun no calificados como significativos o no; cabe mencionar que solo serán evaluados los impactos negativos en cuanto su incidencia, magnitud y valor, ya que la finalidad de la EIA es evaluar los efectos que causan al ambiente, así como su posible mitigación, reducción o compensación, en tanto que, en estricto sentido, para los impactos positivos debe propiciarse su magnificación.

Tabla V.8 Relación integrada de impactos, utilizando como criterio la naturaleza del efecto y el factor ambiental sobre el cual impactan

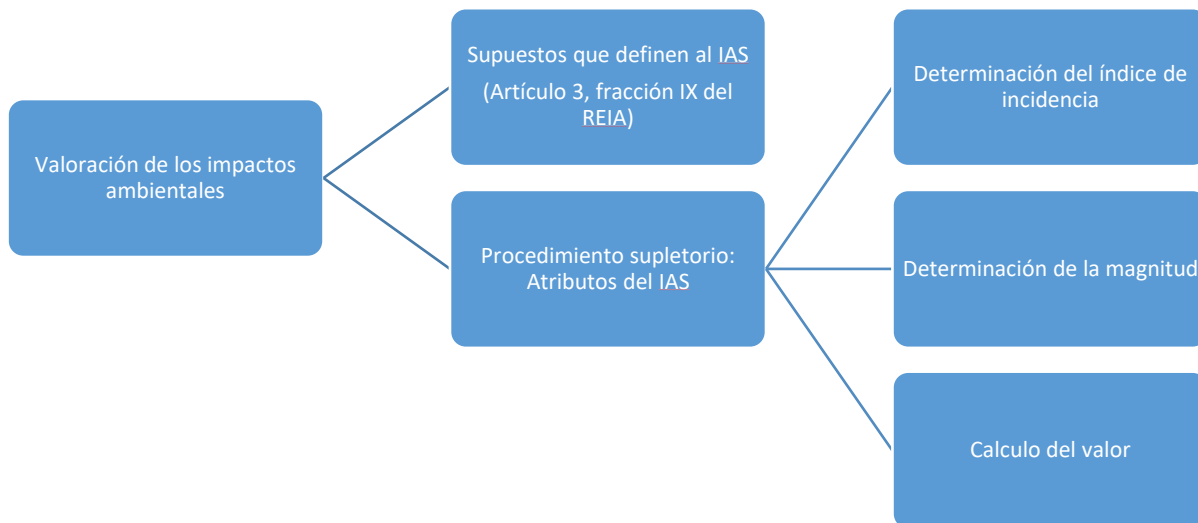
Factor	Subfactor	Impacto ambiental	ID	Signo del impacto
Agua	Calidad	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	1	-
	Cantidad	Disminución puntual de la infiltración	2	-
Aire	Calidad	Incremento temporal de partículas suspendidas	3	-
	Confort sonoro	Incremento temporal en los niveles de ruido	4	-
Suelo	Calidad	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	5	-
Procesos del medio inerte	Escorrentías	Modificación puntual de escorrentías	6	-
	Erosión	Incremento de la susceptibilidad de erosión	7	-
Fauna	Riqueza y abundancia	Ahuyentamiento de la fauna del área de establecimiento del proyecto	8	-
		Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna voladora derivada de la colisión y la electrocución	9	-
	Hábitat	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	10	-
	Desplazamiento	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	11	-
	Endemismo y especies en riesgo	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	12	-
Flora	Riqueza y abundancia	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	13	-
	Endemismo y especies en riesgo	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	14	-
Paisaje	Calidad	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	15	-
Condición de ocupación	Empleo	Generación de empleos directos e indirectos	16	+
Infraestructura	Infraestructura eléctrica	Generación de energía eléctrica a través de fuente renovable; no contamina y reduce el uso de combustibles fósiles,	17	+
	Gasoducto	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	18	-
Renta	Valor del suelo	Incremento del ingreso que recibe una persona por la renta o venta de los predios para el establecimiento del proyecto	19	+

V.1.2 Valoración de impactos

El siguiente paso en la aplicación de la metodología para la evaluación de los impactos ambientales, es la valoración de los impactos detectados para determinar su significancia. Esta etapa del proceso se abordó en dos fases: en la primera, se identifica la significancia con bases cualitativas y tomando como referencia el alcance de la definición de impacto significativo que establece la fracción IX del artículo 3° del REIA. Mientras que en la segunda se basó en la propuesta de Gómez Orea (*op. cit.*), modificada para permitir aplicar las definiciones y disposiciones del

marco jurídico que regula este procedimiento (LGEEPA y su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental) (Figura V.2).

Figura V.2 Procedimiento para valorar la significancia de los impactos ambientales



V.1.2.1 Determinación de significancia

Como se ha mencionado con anterioridad, el primer procedimiento en la valoración de los impactos se ajustó a los lineamientos de la normatividad, en particular a las disposiciones del reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental y, en tal sentido, toda vez que la Ley (LGEEPA) dispone en la fracción XX de su artículo 3° que la manifestación de impacto ambiental es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, sobre la base de la definición que establece la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA/LGEEPA), el cual define que:

El impacto ambiental significativo o relevante es aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

En este sentido, asumiendo los alcances de la hermenéutica de esta definición como aquella que implica el que para que un impacto sea significativo éste debe satisfacer todos los supuestos que relaciona esa definición, resultó importante para la técnica definir los conceptos:

- Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales,
- Alteración de la salud,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos,
- Continuidad de los procesos naturales.

En tal sentido, la acepción con la que se asumen los conceptos anteriores en la determinación del impacto significativo se describe a continuación (Tabla V.9).

Tabla V.9 Definición de los conceptos determinantes de la significancia del impacto, según la definición que establece el REIA/LGEEPA para el impacto significativo

Concepto	Significado
Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales.	Si por alteración se entiende la acción que propicia cambiar la esencia o forma de algo (<i>Alterar: cambiar la esencia o forma de algo</i> , DRAE, 2001), entonces, el concepto de alteración en los ecosistemas y sus recursos naturales se asume como aquel efecto que provoca un cambio en la esencia o la forma de los ecosistemas y, si consideramos que la esencia de los ecosistemas es su organización para que funcionen como la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (Fracción XIII, Artículo 3°, LGEEPA), un impacto alcanzará significancia cuando cambie la esencia de la función de los ecosistemas y estos dejen de conformar la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con su ambiente, lo que equivaldrá a la alteración radical de su integridad funcional y de su capacidad de carga.
Alteración de la salud.	El DRAE, 2001 define al verbo alterar como “ <i>cambiar la esencia o la forma de algo</i> ”. Por lo que se refiere al sujeto receptor de la <i>alteración</i> , éste no se encuentra explícitamente identificado en el concepto que define el REIA/LGEEPA, pero es de inferirse que ese atributo está dirigido hacia las personas, toda vez que la fracción I del artículo 1 de la LGEEPA dispone que este instrumento establece las bases para “Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.” Consecuentemente, un impacto significativo será aquel que modifique en sentido negativo el estado de salud de las personas, esto es que le afecte y que consecuentemente vaya en detrimento su estado físico.
Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre.	El significado del verbo obstaculizar lo detalla el DRAE como “ <i>Impedir o dificultar la consecución de un propósito</i> ”; consecuentemente, un impacto será significativo cuando impida la existencia del hombre y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida del hombre y de la continuidad de sus procesos vitales (desarrollo). Esto equivale a considerar, que la significancia del impacto, sustentada en este concepto implicaría poner en riesgo la vida de las personas y su desarrollo en el más amplio sentido.
Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos.	Al igual que el concepto anterior, en este rubro el impacto será significativo cuando impida la existencia de los seres vivos (en general de todos aquellos que conforman la biota, flora y fauna) y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida de los seres vivos y de la continuidad de sus procesos vitales.
Continuidad de los procesos naturales.	Todo lo que ocurre en la naturaleza, son procesos o transformaciones naturales, y una característica de todos ellos es que se desarrollan durante un lapso de tiempo (ninguno es instantáneo). Algunos ejemplos de procesos naturales son el envejecimiento, la erosión, la fotosíntesis, el ciclo del agua, la productividad primaria, el ciclo de la energía, la respiración, la reproducción, la evaporación es un proceso o

Concepto	Significado
	transformación natural; en consecuencia el número de “procesos naturales es prácticamente de difícil cuantificación; por lo tanto el texto que se analiza, el cual forma parte de la definición contenida en la fracción IX del artículo 3° del REIA/LGEEPA, al no acotar el concepto “procesos naturales”, alude a todos aquellos procesos que se dan en la naturaleza y que aseguran la funcionalidad de sus diversas estructuras. Por otra parte, la palabra continuidad alude a la unión natural que tienen entre sí las partes de un <i>continuum</i> , lo que equivale a considerar que su utilización en la frase <i>continuidad de los procesos naturales</i> , implica que esto, los procesos naturales, están unidos y se desarrollan en el tiempo de manera secuencial, uniforme e ininterrumpida. Consecuentemente para que un impacto sea significativo deberá incidir en alterar alguna o algunas de las partes de esos <i>continuum</i> integrados por los procesos de transformación que ocurren en la naturaleza.

Vista así, la definición del concepto impacto ambiental significativo, resulta de una radicalidad extrema y aplicable a impactos ambientales totalmente graves que incidan sobre la viabilidad de personas, recursos naturales y procesos vitales. Por ello y con base en las definiciones antes desarrolladas, para determinar si alguno de los impactos negativos identificados podría alcanzar el nivel de impacto ambiental significativo, se aplicó el alcance conjunto de cada uno de los conceptos que integran la definición que establece la fracción IX del artículo 3° del REIA en un ejercicio simple de ajuste a cada supuesto definido por el concepto; el resultado alcanzado se presenta en la Tabla V.10 y se anticipa que ninguno de los impactos negativos satisfizo la totalidad de los alcances que, respecto a la significancia del efecto, establece el precepto antes citado.

Tabla V.10 Determinación de la significancia de los impactos del proyecto

Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del REIA								IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO
		ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA				
		Hombr	Naturaleza	Ecossistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia del hombre	Desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
1 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	✓	x	✓	✓	x	x	x	x	No
2 Disminución puntual de la infiltración	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	No
3 Incremento temporal de partículas suspendidas	-	✓	x	x	✓	x	x	x	x	No
4 Incremento temporal en los niveles de ruido.	-	✓	x	x	✓	x	x	x	x	No
5 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	✓	x	✓	✓	x	x	x	x	No
6 Modificación puntual del curso de escorrentías	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	No
7 Incremento de la susceptibilidad de erosión	-	✓	x	✓	x	x	x	✓	x	No
8 Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	-	✓	x	✓	x	x	x	x	x	No
9 Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución		✓	x	x	x	x	x	x	x	No
10 Pérdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto		✓	x	x	x	x	x	x	x	No
11 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales		✓	x	x	x	x	x	x	x	No

Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos el artículo 3 fracción IX del REIA								IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO	
		ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA					
		Hombre	Naturaliza	Ecossistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia del hombre	Desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales		
12 Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	No
13 Pérdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	No
14 Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	No
15 Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	-	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	No
16 Generación de empleos directos e indirectos	+	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17 Generación de energía eléctrica a través de fuente renovable no contamina y reduce el uso de combustibles fósiles,	+	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18 Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	-	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x	No
19 Incremento del ingreso que recibe una persona por la renta o venta de los predios para el establecimiento del proyecto	+	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

En una aplicación estricta de la norma jurídica, con el resultado alcanzado con el ejercicio resumido en la tabla anterior, debería de haberse concluido la integración de la MIA, informándole a la autoridad que no hay impacto ambiental significativo que reportar en base a la definición multicitada con anterioridad, toda vez que la definición de MIA refiere a que es el documento a través del cual se da a conocer el impacto ambiental significativo de un proyecto, sin embargo el promotor del proyecto tiene como objetivo impulsar un proyecto sustentable y, ante tal enfoque se abocó a identificar la destacabilidad de los impactos que decide atender por su incidencia y magnitud que les hace destacar por encima del resto de tales efectos, para lo cual se llevó adelante el desarrollo de la técnica de Gómez Orea (*op. cit.*), con la cual es factible alcanzar este objetivo.

Derivado de lo anterior, fue preciso aplicar el procedimiento supletorio, dicha técnica establece que una vez identificados los impactos es necesario determinar, su valor de la incidencia.

V.1.2.2 Determinación de la incidencia

Ante la carencia de impactos significativos acotados a la definición del REIA, se desarrolló un ejercicio complementario de valoración el cual utilizó los 10 atributos de impacto propuestos por Gómez Orea (*op. cit.*) (Tabla V.11).

Es importante señalar que este procedimiento no sustituye lo que se establece en el REIA, por el contrario, lo complementa y tiene como objetivo valorar aquellos impactos que, sin llegar a ser significativos (según los alcances establecidos en la definición del REIA) son destacables por el efecto que pudieran llegar a ocasionar sobre algún subfactor del ambiente, en el contexto general de los impactos identificados. A los impactos que alcanzaron los puntos más altos en esta valoración se les denominó “impactos destacables”, lo que en un sentido amplio podría equivaler a sinónimo de significancia, pero acotado a estándares diferentes.

A los atributos se les asigna un valor que oscila entre 1 y 3, dependiendo de la severidad con que se manifiestan.

Tabla V.11 Atributos de impacto para determinar incidencia

Atributo	Carácter del atributo	Interpretación	Código/ Valor
Signo del efecto	Benéfico		+
	Perjudicial		-
	Indeterminado		x
Inmediatez (In)	Directo	Es el efecto que tiene repercusión inmediata sobre el ambiente	3
	Indirecto	Es el que deriva de un efecto primario	1
Acumulación (Ac)	Simple	Se manifiesta en un solo factor ambiental y no induce efectos secundarios, ni acumulativos, ni sinérgicos	1
	Acumulativo	Es aquel que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera	3
Sinergia (S)	No Sinérgico	Cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones no supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente	1
	Sinérgico	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	3
Momento (M)	Corto	Es el que se manifiesta en el período inmediato posterior al desarrollo de la acción que lo desencadena.	3
	Mediano	Es el que se presente varias semanas o meses después del desarrollo de la acción que lo desencadena	2
	Largo plazo	Es el que se genera un año o más, después de que se ejecuta la acción que lo genera.	1
Persistencia (Pe)	Temporal	El efecto tiene una alteración de duración definida	1
	Permanente	Tiene una duración indefinida	3
Reversibilidad (Re)	Corto	Puede ser asimilado por los procesos naturales en plazos menores a una semana	1
	Mediano	No puede ser asimilado de inmediato, tardan varias semanas en desaparecer las manifestaciones del efecto.	2
	Largo plazo o no reversible	Las manifestaciones del efecto tardan un año o más en desaparecer	3
Recuperabilidad (Ri)	Recuperable	El que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana	1
	Irrecuperable	El que no puede ser eliminado o reemplazado por la acción natural o humana	3
Continuidad (Co)	Discontinuo	Se manifiesta de forma intermitente o irregular.	1
	Continuo	Es el que produce una alteración constante en el tiempo	3
Periodicidad (Pi)	Aparición irregular	Es el que se manifiesta de forma impredecible en el tiempo, debiendo evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia.	1
	Periódico	Es el que se manifiesta de forma cíclica o recurrente	3

Con el uso de los valores de estos criterios se determinó la destacabilidad de cada impacto. Para ello se procedió a determinar el índice de incidencia de cada uno de ellos. Al respecto, por índice de incidencia entendemos a la severidad y a la forma de la alteración que

provoca el impacto, la cual viene definida por la serie de atributos mencionados con anterioridad que caracterizan dicha alteración.

A cada uno de impactos identificados se le atribuye un índice de incidencia que variará de 0 a 1, mediante la siguiente metodología:

- 1) Se tipificaron las formas en que se puede describir cada atributo; por ejemplo, momento en corto, mediano y largo plazo,
- 2) Atribuir un código numérico a cada forma, acotado entre un valor máximo (3) para la más desfavorable y un mínimo (1) para la más favorable; así para el ejemplo anterior si el momento es de corto plazo = 3, mediano plazo = 2, largo plazo = 1.
- 3) El índice de incidencia (I) de cada impacto, se evaluó a partir del algoritmo simple que se muestra a continuación. El valor se obtiene a través de la suma ponderada de los valores asignados a los atributos de cada impacto y sus rangos de valor o escala, lo anterior requiere atribuir pesos específicos a los atributos considerados como “definitorios de la significancia”.

Expresión 1

$$I = I_n + A_c + S + M + P_e + R_e + R_i + C_o + P_i$$

- 4) Se estandarizo cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la siguiente expresión:

Expresión 2

$$I_i = (I - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

Donde:

- I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.
 - I_{\min} = el valor obtenido utilizando el valor menor de cada atributo, que para el caso de esta evaluación será de 9, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 1.
 - I_{\max} = el valor obtenido utilizando el valor mayor de cada atributo, que para el caso de esta evaluación será de 27, por ser 9 atributos con un valor máximo cada uno de 3.
- 5) Previamente se determina un valor umbral de significancia a aplicar a los resultados del ejercicio y éste queda a criterio del evaluador. La técnica

recomienda asignar la destacabilidad^{IV} a los impactos que alcancen el valor I_{max} , sin embargo, con el objeto de ser más rigurosos en la selección se decidió que el valor considerado como mínimo destacable fuera una media del valor estandarizado, más un porcentaje mínimo, lo cual definió al valor de 0.60 como el valor umbral para decidir entre destacable y no destacable (Tabla V.12).

Tabla V.12 Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados

Categoría	Interpretación	Intervalo de valores
Despreciables	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a 0.33
No significativo	Se afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.59
Destacable	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	Mayor a 0.60

Los resultados obtenidos con la aplicación de este modelo permitieron identificar **11 impactos destacables** y **5 impactos no destacables** de los 16 impactos negativos identificados (Tabla V.13.).

Tabla V.13 Relación de impactos destacables

Impactos definitivos	Signo del impacto	Valores de referencia		Valor estimado para cada atributo										Índice de incidencia (i)	Índice de incidencia estandarizado (ii)	Impacto destacable	
		I_{max}	I_{min}	Inmediatez (In)	Acumulación (Ac)	Sinergia (S)	Momento (M)	Persistencia (Pe)	Reversibilidad (Re)	Recuperabilidad	Continuidad (Co)	Periodicidad (PI)	Si			No	
1 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	27	9	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	20	0.61	•	
2 Disminución puntual de la infiltración	-	27	9	3	1	1	2	1	3	1	1	3	16	0.39		•	
3 Incremento temporal de partículas suspendidas	-	27	9	3	1	3	3	1	1	1	1	3	17	0.44		•	
4 Incremento temporal en los niveles de ruido.	-	27	9	3	1	1	3	1	1	1	1	3	15	0.33		•	
5 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	27	9	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	21	0.67	•	

^{IV} En este ejercicio se utiliza el adjetivo destacable (destacabilidad), como sustituto de significativo para no propiciar una confusión con el concepto que utiliza la definición de impacto ambiental significativo, cuya aplicación ya se analizó y evidenció que ninguno de los impactos que se han identificado que pudiera ocasionar el proyecto alcanza esa connotación, en consecuencia y de acuerdo al objetivo de identificar los impactos cuya incidencia les hace más destacables en el contexto de la generalidad del conjunto, se utilizó el adjetivo de impacto destacable.

Impactos definitivos	Signo del impacto	Valores de referencia		Valor estimado para cada atributo										Índice de incidencia (I)	Índice de incidencia estandarizado (II)	Impacto destacable		
		I _{max}	I _{min}	Inmediatez (In)	Acumulación (Ac)	Sinergia (S)	Momento (M)	Persistencia (Pe)	Reversibilidad (Re)	Recuperabilidad	Continuidad (Co)	Periodicidad (Pi)	Si			No		
6	Modificación puntual del curso de escorrentías	-	27	9	3	1	1	3	1	3	1	3	3	3	19	0.56		●
7	Incremento de la susceptibilidad de erosión	-	27	9	3	3	3	2	3	2	1	1	3	21	0.67		●	
8	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto		27	9	3	1	3	2	3	3	3	1	1	20	0.61		●	
9	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución		27	9	3	1	3	3	2	3	3	3	3	24	0.83		●	
10	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	-	27	9	1	1	3	3	3	3	3	3	3	23	0.78		●	
11	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales		27	9	3	3	2	3	3	3	3	3	3	26	0.94		●	
12	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-	27	9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	19	0.89		●	
13	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	-	27	9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	25	0.89		●	
14	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-	27	9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	25	0.89		●	
15	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	-	27	9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	25	0.89		●	
16	Generación de empleos directos e indirectos	+	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
17	Generación de energía eléctrica a través de fuente renovable no contamina y reduce el uso de combustibles fósiles,	+	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			
18	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	-	27	9	3	3	3	3	1	1	1	1	1	17	0.44		●	
19	Incremento del ingreso que recibe una persona por la renta o venta de los predios para el establecimiento del proyecto	+	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			

V.1.3 Determinación de magnitud de los impactos destacables

V.1.3.1 Indicadores de impacto

La magnitud de las alteraciones potenciales o impactos sobre un factor ambiental puede expresarse de diferentes maneras según la naturaleza, el estado y las características de cada factor y de la unidad de medida que se pretenda utilizar; un mecanismo adoptado para cuantificar la magnitud de un impacto es el empleo de indicadores de impacto^V.

Es conveniente destacar que, dado que cada indicador de impacto ambiental tiene entre sus principales fundamentos a la calidad del ambiente en el cual se inserta el proyecto, resulta obvio que, en la medida en que el ambiente se encuentra alterado en relación a sus características naturales, el uso de esta herramienta pierde su utilidad y su empleo se restringe a

^V Indicador de impacto ambiental: es la expresión a través de la cual se mide de forma cuantificada el impacto; es una medida que deriva de la diferencia entre el valor del indicador “con” y “sin” el proyecto.

los factores más conspicuos. En este sentido, las características del Sistema Ambiental Regional donde pretende instalarse el proyecto y de su área de influencia, según se puso en evidencia en el Capítulo IV, corresponden a ambientes que van desde los totalmente alterados hasta el medianamente conservado, con una alteración radical de la integridad funcional de sus ecosistemas al haber transformado en agrícola, pastizal inducido, áreas sin vegetación y áreas urbanas más del 79% de su superficie, lo que obliga a adoptar indicadores “acordes” a tales realidades.

Asimismo, es un hecho reconocido por los especialistas (Gómez Orea, *Op. Cit.*) que hay impactos cuyas características y por su naturaleza hacen extremadamente difícil, identificar un indicador representativo, por lo que para ellos fue preferible valorarlos cualitativamente ya que su conjunto representa la “fracción no cuantificable del impacto”.

Es importante no perder de vista que el resultado más importante de todo este proceso es el que evidencia que, aplicando como se debe aplicar, la definición del impacto ambiental significativo que ofrece la fracción IX del artículo 3 del REIA, en este proyecto no se identifica ningún impacto ambiental de esa naturaleza.

Para determinar el valor de la magnitud, la técnica empleada recomienda el uso de los criterios utilizados por la comunidad científica o los establecidos por la legislación para predecir los cambios desencadenados por cada acción del proyecto sobre el factor ambiental respectivo; en algunos casos se utilizan:

- a. Modelos de difusión y dispersión atmosférica,
- b. Modelos de vulnerabilidad a la contaminación,
- c. Modelos de evaluación y comportamiento de suelo, agua y aire,
- d. Métodos para el análisis de ruido y modelos de dispersión de ruido,
- e. Métodos y modelos para inventariar y valorar el paisaje,
- f. Métodos de investigación social,
- g. Modelos de calidad de vida incluyendo indicadores económicos,
- h. Predicción de efectos sobre la salud, e
- i. Indicadores de impacto.

De todas estas propuestas u opciones para determinar la magnitud del impacto, el empleo de indicadores resulta la que mayor aplicabilidad puede tener en el ejercicio de determinación del valor de magnitud de cada uno de los impactos destacables identificados, esto se enfoca así para alinear la congruencia al alcance que le asigna la LGEEPA a una Manifestación de impacto ambiental en la fracción XX de su artículo tercero, al establecer que en ese documento (la MIA) deberán darse a conocer los impactos significativos o relevantes, y, con este ejercicio se está incidiendo en un alcance.

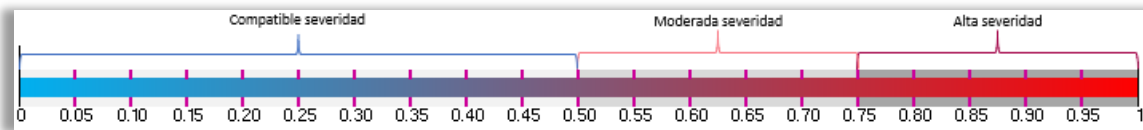
V.1.3.2 Estimación de la magnitud

Tal y como se mencionó anteriormente, para este tipo de impactos la determinación de su magnitud puede alcanzarse con el empleo de indicadores de impacto ambiental. En estos casos, la magnitud del impacto se medirá por la diferencia entre el indicador en las situaciones “sin” y “con” proyecto.

En este punto es importante destacar que, dada la naturaleza del impacto y del factor y/o subfactor del ambiente sobre el que incide, algunos indicadores serán cuantitativos, cuando el indicador que defina al impacto de la manera más objetiva puede ser diseñado a partir de registros levantados en campo, mientras que, otros, serán valorados con indicadores cualitativos ya que su naturaleza no permite valorarlos cuantitativamente, se trata así de los impactos que representan la “fracción no cuantificable del impacto”.

La técnica empleada establece que en esta etapa es necesario transformar la magnitud del impacto medido en unidades heterogéneas a unidades homogéneas, adimensionales de valor ambiental, operación que se hace traduciéndolas a un intervalo que varía entre 0 y 1, (Figura V.3) donde 1 corresponde al impacto máximo posible de alcanzar.

Figura V.3 Severidad del impacto



A continuación, se presenta la magnitud de los impactos destacables con indicadores cuantitativos identificados en la presente MIA-R.

Tabla V.14 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos

Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos			
Factor en el que incide	Agua	Subfactor en el que incide	Calidad
Síntesis descriptiva	<p>Las obras del proyecto implican el uso de maquinaria y equipos diversos que funcionan con gasolina, Diesel y aceite de motor, por lo que su manejo podría ocasionar derrames accidentales o fugas no previstas que pudieran afectar la calidad del suelo y de no atenderse con oportunidad, estas sustancias podrían alcanzar algún escurrimiento o en casos extremos infiltrarse a capas inferiores, afectando también la calidad físico-química del agua superficial o subterránea.</p> <p>Asimismo, durante las etapas de preparación y construcción las aguas residuales provendrán de los sanitarios portátiles utilizados por los trabajadores de la obra</p>		

Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos				
	podrían representar una fuente de alteración de la calidad del agua si no son dispuestas correctamente.			
Etapas en la que se presentará el impacto	PS	C	OyM	A
	x	x	x	x
Calificación	<p>El impacto es relevante, en tanto que podría adicionarse a los causados por otras actividades inherentes al proyecto.</p> <p>El efecto es previsible en todo momento, evitando su presencia mediante buenas prácticas constructivas, un adecuado mantenimiento de maquinaria, atención inmediata a derrames de hidrocarburos y adecuada gestión de residuos, sobre todo los denominados como peligrosos.</p> <p>Se trata de un impacto que puede ser considerado como parte de la fracción no cuantificable, en virtud que no existen parámetros de referencia para la zona del proyecto; no obstante, su magnitud dependerá de la aplicación de acciones preventivas como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su reglamento y la normatividad estatal.</p>			

Tabla V.15 Disminución puntual de la infiltración

Disminución puntual de la infiltración			
Factor en el que incide	Agua	Subfactor en el que incide	Cantidad
Síntesis descriptiva	<p>Las actividades de desmonte y despalde provocaran que el escurrimiento del agua de lluvia sea más rápido, toda vez que la vegetación que actuaba como amortiguador de la caída de las gotas de lluvia será eliminada, modificando así la infiltración in situ.</p> <p>Asimismo, derivado de la compactación y estabilización que se realizará, se reducirá la porosidad del suelo, provocando que se modifique la capacidad de infiltración en el área de establecimiento del proyecto. También el sellamiento del suelo, causará la reducción de la superficie de infiltración del agua. Sin embargo, es importante mencionar que el agua precipitada al no penetrar en las superficies impermeables del proyecto (subestación de elevación, subestación de maniobras, edificio de control, caseta de vigilancia y caminos internos), tenderá a escurrir e infiltrarse en las zonas permeables del proyecto (área de paneles, línea de transmisión).</p>		
Etapas en la que se presentará el impacto	PS	C	OyM
	x	x	x

Disminución puntual de la infiltración	
Calificación	La disminución de la infiltración es un impacto no destacable debido a que las características del proyecto y las particularidades de la cimentación, permitirán que el agua precipitada en la zona se siga infiltrando casi de manera original, es decir la infiltración se seguirá realizando alrededor de cada uno de los postes que soportaran los paneles solares.

Tabla V.16 Incremento temporal de partículas suspendidas

Incremento temporal de partículas suspendidas			
Factor en el que incide	Aire	Subfactor en el que incide	Calidad
Síntesis descriptiva	Derivado de la ejecución de las diferentes acciones del proyecto (desmonte, despalle, la circulación de vehículos y maquinaria, excavaciones, compactaciones y/o nivelaciones, cortes, rellenos, apertura de zanjas, etc.) se generarán polvos fugitivos (partículas suspendidas), que se esparcirán probablemente más allá del área de establecimiento del proyecto, sin embargo, su persistencia en el medio es temporal ya que estas partículas tienden a volver a caer. Asimismo, el uso de los vehículos y maquinaria liberan algunos gases (partículas suspendidas) producto de la operación de motores de combustión interna, su persistencia en el medio es temporal ya que pueden ser integrados a los procesos naturales además de que estas emisiones terminarán en cuanto concluya operación de motores de combustión interna		
Etapas en la que se presentará el impacto	PS	C	OyM
	x	x	A x
Calificación	Este impacto no es destacable debido a que la calidad del aire se verá afectada de manera temporal durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. El impacto es reversible en el corto plazo, a partir del cese de las actividades que lo originan y sin la necesidad de la intervención humana; su efecto es temporal.		

Tabla V.17 Incremento temporal en los niveles de ruido

Incremento temporal en los niveles de ruido.			
Factor en el que incide	Aire	Subfactor en el que incide	Confort sonoro
Síntesis descriptiva	El confort sonoro podrá verse alterado por el ruido generado principalmente por la maquinaria y vehículos empleados durante las etapas de preparación del sitio y construcción, asimismo la presencia de las personas trabajando también		

Incremento temporal en los niveles de ruido.				
	<p>generará la emisión de ruido, aunque este será menor al generado por los vehículos y maquinaria.</p> <p>Este impacto tendrá una extensión local y de corta duración, debido a que los tiempos de ejecución de las obras se prevén en un corto plazo y, al finalizar éstas, el proyecto por sí solo no producirá afectaciones al confort sonoro.</p> <p>Se trata de un impacto que puede ser considerado como parte de la fracción no cuantificable, en virtud de que, no se cuenta con datos de referencia de los índices de ruido actual en el área del proyecto y tampoco se sabe con precisión la cantidad de ruido que se generara por las actividades del proyecto en sus etapas de preparación de sitio, construcción y abandono.</p> <p>Uno de los factores que podría afectarse por el incremento del ruido en el área es la fauna, toda vez que podría provocar el desplazamiento temporal de la fauna presente y circundante del área de establecimiento del proyecto.</p>			
Etapas en la que se presentará el impacto	PS	C	OyM	A
	x	x		x
Calificación	<p>Este impacto no es destacable debido a que, si bien incidirá de manera negativa sobre la calidad atmosférica, reduciendo la calidad sonora durante las etapas de preparación del sitio, construcción, el impacto es reversible en el corto plazo, a partir del cese de las actividades que lo originan y sin la necesidad de la intervención humana; su efecto es temporal.</p>			

Tabla V.18 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos

Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos				
Factor en el que incide	Suelo	Subfactor en el que incide		Calidad
Síntesis descriptiva	<p>Las obras del proyecto implican el uso de maquinaria y equipos diversos que funcionan con gasolina, Diesel y aceite de motor, por lo que su manejo podría ocasionar derrames accidentales o fugas no previstas que pudieran afectar la calidad del suelo; se considera que este impacto podría ocurrir en cualquiera de las etapas del proyecto debido a que en todo momento se utilizará en mayor o menor medida maquinaria, equipos y vehículos.</p> <p>Asimismo, la producción de residuos (sólidos urbanos, de manejo especial, líquidos y peligrosos) durante las etapas de desarrollo del proyecto, podrían alterar de forma inmediata la calidad fisicoquímica del suelo de no contar con un manejo adecuado.</p>			
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM	A
	x	x	x	x

Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos

Calificación	<p>El impacto es relevante, en tanto que podría adicionarse a los causados por otras actividades inherentes al proyecto.</p> <p>El efecto es previsible en todo momento, evitando su presencia mediante una gestión adecuada para el manejo y disposición de residuos.</p> <p>Se trata de un impacto que puede ser considerado como parte de la fracción no cuantificable, en virtud que no existen parámetros de referencia para la zona del proyecto; no obstante, su magnitud dependerá de la aplicación de acciones preventivas como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su reglamento y la normatividad estatal.</p>
--------------	--

Tabla V.19 Modificación puntual del curso de escorrentías

Modificación puntual del curso de escorrentías			
Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	Subfactor en el que incide	Escorrentías
Síntesis descriptiva	<p>Derivado de acciones particulares como la remoción de vegetación, conformación de sitios planos (subestaciones), apertura y/o relleno de zanjas, llevadas a cabo durante la etapa de preparación del sitio y construcción, es muy probable originar modificaciones a las escorrentías superficiales presente en el sitio del proyecto. Sin embargo, debido a las características de cimentación de los paneles solares (es el elemento del proyecto que ocupará la mayor superficie), se considera que no impedirán el curso de las escorrentías, retornando a sus condiciones originales.</p> <p>Es importante mencionar que debido a las características de cimentación del proyecto la hidrología subterránea no será modificada o impactada.</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
	x	x	x
Calificación	<p>Este impacto no es destacable debido a que, si bien el proyecto incidirá de manera directa en el curso de las escorrentías, este será un impacto temporal con posibilidades de retornar a sus condiciones originales, ya que los elementos del proyecto no impedirán el libre escurrimiento del agua.</p>		

Tabla V.20 Incremento de la susceptibilidad de erosión

Incremento de la susceptibilidad de erosión			
Factor en el que incide	Procesos del medio inerte	Subfactor en el que incide	Erosión
Síntesis descriptiva	<p>Las obras del proyecto implican, actividades como el desmonte, despalme, excavación, corte, circulación de vehículos y maquinaria durante las etapas de preparación y construcción, por lo que durante algún tiempo el suelo estará expuesto a procesos erosivos inmediatos.</p> <p>El efecto será evidente desde la etapa de preparación del sitio, dado que implica la remoción de vegetación desde la raíz.</p> <p>La erosión puede adoptar diferentes formas: erosión por salpicadura y laminar, en surcos, cárcavas, túneles y canales, eólica</p> <p>La eliminación de la vegetación y la fragmentación de las partículas de suelo por la maquinaria de construcción causará una exposición de los suelos a una erosión, cuya intensidad dependerá entre otros factores de la pendiente, precipitaciones y tiempo.</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
	x	x	x
Calificación	<p>La relevancia del impacto radica en que éste incidirá de manera negativa sobre la calidad del suelo, provocando la pérdida del mismo y con ello incidiendo negativamente en otros factores del ambiente de forma indirecta. Lo anterior reduce la calidad ambiental, a nivel local, dentro del área de establecimiento del proyecto.</p> <p>En cuanto a la capacidad de carga, esta puede verse reducida por la erosión en el sentido de que un suelo degradado no presenta las mismas funciones ecosistémicas de soporte de la diversidad biológica.</p>		

Tabla V.21

Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto

Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto			
Factor en el que incide	Fauna	Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Síntesis descriptiva	<p>Las actividades que demanda el proyecto en su etapa de preparación del sitio y construcción tales como delimitación de áreas, ingreso de personas, ingreso de vehículos, ingreso de maquinaria, despalme (retiro de capa orgánica), nivelación, compactación, realización de zanjas para acometida de cables, realización de cimentaciones, hincado de fustes, instalación de equipos eléctricos, habilitación de viales internos, excavación para cimentación, entre otras provocaran que las especies de fauna presente en el sitio se desplacen hacia áreas donde no se estén realizando este tipo de actividad, o donde se sientan seguros y a salvo.</p>		

Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto				
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM	A
	x	x		x
Calificación	<p>El efecto será evidente en cuanto se inicien con las actividades de preparación y construcción, toda vez que al detectar la presencia de personas y maquinaria laborando en el área las especies de fauna se desplazaran a sitios seguros.</p> <p>El impacto es relevante, por lo que se deberán tomar las medidas necesarias para salvaguardar la integridad de las especies de fauna que habitan el área de estudio.</p> <p>Para algunos de los individuos de fauna que actualmente se distribuyen en el área de estudio, el efecto será temporal, toda vez que dependiente de su etología podrán regresar al sitio.</p>			

- **Indicador:** Número de especies presentes en el AeP y número de especies potencialmente presentes en el SAR
- **Descripción:** La magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies que se localizan en el sitio del proyecto y que son susceptible de desplazamiento, comparado con el número de especies potenciales que se reportaron en el SAR
- **Expresión**

$$I_{DF} = \frac{Sp_{ae}}{Sp_{sar}}$$

Donde

I_{DF} = Valor de desplazamiento de la fauna

Sp_{ae} = Número de especies presente en el área de establecimiento del proyecto

Sp_{sar} = Número de especies potenciales en el sistema ambiental regional.

En relación a lo anterior, las obras o actividades que se desarrollen en el área de establecimiento del proyecto, podrán desplazar a la fauna que habita el predio de estudio, una forma de medir la probable afectación es conociendo en número de especies presente en el sitio del proyecto y el número de especies potenciales en el SAR, ya que la fauna posiblemente desplazada es la que se presenta en el sitio del proyecto.

En el predio donde se desplantará el proyecto se registró la presencia de 19 especies de fauna (2 son reptiles, 11 son aves y 6 son mamíferos) y en el sistema ambiental regional de acuerdo con la literatura especializada se considera que la fauna potencial está integrada por 324 especies (anfibios 11, aves 184, mamíferos 93 y reptiles 36).

De acuerdo con el número de especies que se podrán desplazar en comparación con las especies potenciales del SAR se tiene que la magnitud del impacto es de 0.059.

$$\frac{19}{324} = 0.059$$



Tabla V.22

Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución

Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución			
Factor en el que incide	Fauna	Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Síntesis descriptiva	<p>La afectación a algunos individuos de aves tiene dos orígenes probables: electrocución y colisión.</p> <p>La electrocución afecta principalmente a las especies de aves rapaces dado su gran tamaño, envergadura, sus hábitos de caza y alimentación</p> <p>La colisión de las aves afecta principalmente a los individuos que tiene alturas de vuelo que varían entre los 45 y 60 m, ya que a esta altura se ubican los cables, es importante mencionar el cable de guarda^{VI} es el que origina mayores colisiones de las aves, porque este es más delgado que los cables conductores y se extiende entre las partes más altas de las torres</p> <p>Durante la construcción existe un riesgo potencial de colisión que puede ser generado por las actividades relacionadas con el montaje de las torres de celosía; mientras que, en la etapa operativa, este riesgo se encuentra más relacionado con el cable de guarda.</p> <p>Asimismo, si bien aún no es un fenómeno bien estudiado, se ha sugerido que los desarrollos solares representan una fuente de mortalidad para la vida silvestre como las aves (principalmente las aves migratorias), debido a que los paneles solares que reflejan la luz solar polarizada de tal manera que son percibidos como cuerpos de agua, pudiendo atraer a las aves y colisionando con los paneles solares. Sin embargo, en los parques fotovoltaicos los registros de fatalidades potenciales sobre aves no son contundentes</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
		x	x
Calificación	<p>El efecto se manifestará una vez concluida la instalación de las líneas de transmisión eléctrica y los paneles solares; se trata de un impacto relevante, residual. La acumulación del impacto podrá adicionarse a la causada por otras actividades inherentes al proyecto. El efecto es residual.</p>		

^{VI} El cable de guarda sirve para generar un equipotencial de tierra en todo el trazado de la línea, rebajando al mínimo la resistencia de la tierra ya que con el cable se unen todas las torres y por defecto todas las tomas de tierra del trazado, además de servir como pararrayos y evitar daños a la línea por descargas de relámpagos

Entre las variables que influyen para que suceda la colisión se encuentra la biología de las especies, su densidad y comportamiento, las características del sitio, la presencia de rutas migratorias, cuerpos de agua o áreas con vegetación abundante que pudieran servir como sitios de refugio, descanso y alimentación.

En relación a las rutas migratorias, en sentido estricto el área del proyecto se encuentra en la ruta migratoria del centro, sin embargo considerando que las rutas migratorias de las aves no son estrictas son generalidades que nos permiten entender el comportamiento de estas y que las especies migratorias se congregan en unos pocos sitios especiales de alta concentración de alimento, repartidos a lo largo de sus rutas⁸, se considera que debido a las características del sitio (escasa vegetación, uso agrícola) no provee las condiciones necesarias para la alimentación y descanso de las especies migratorias porque en caso de haber afectaciones derivadas de este punto, la afectación será mínima.

Mientras que, de acuerdo a los trabajos de campo, en el sitio no se encuentran cuerpos de agua, naturales o permanentes. Actualmente cerca del sitio del proyecto se presentan elementos no naturales, que son depresiones del terreno formadas artificialmente para captar y almacenar el agua de lluvia con fines agropecuarios, son de tipo intermitente y duran de 4 a 6 meses con agua y posteriormente quedan secos.

Ahora bien, en este tipo de proyectos las colisiones de las aves pueden ser con el cable de guarda de la línea de transición. La colisión de las aves con el cable de guarda se origina porque este es más delgado que los cables conductores y se extiende entre las partes más altas de las torres; siendo que este fenómeno se presenta con mayor frecuencia en zonas costeras, humedales o cerca de cuerpos de agua, rutas migratorias o costas, especialmente cuando recién se ha instalado la línea de transmisión y en líneas sin marcar.

En este sentido, las especies más vulnerables a colisionar con los cables son las acuáticas, sobre todo las de gran tamaño y de vuelo débil o poco maniobrable, debido a que suelen congregarse en grandes parvadas y, al levantar el vuelo de forma intempestiva, suelen colisionar contra los cables;

Entre los factores que incrementan este riesgo se pueden mencionar:

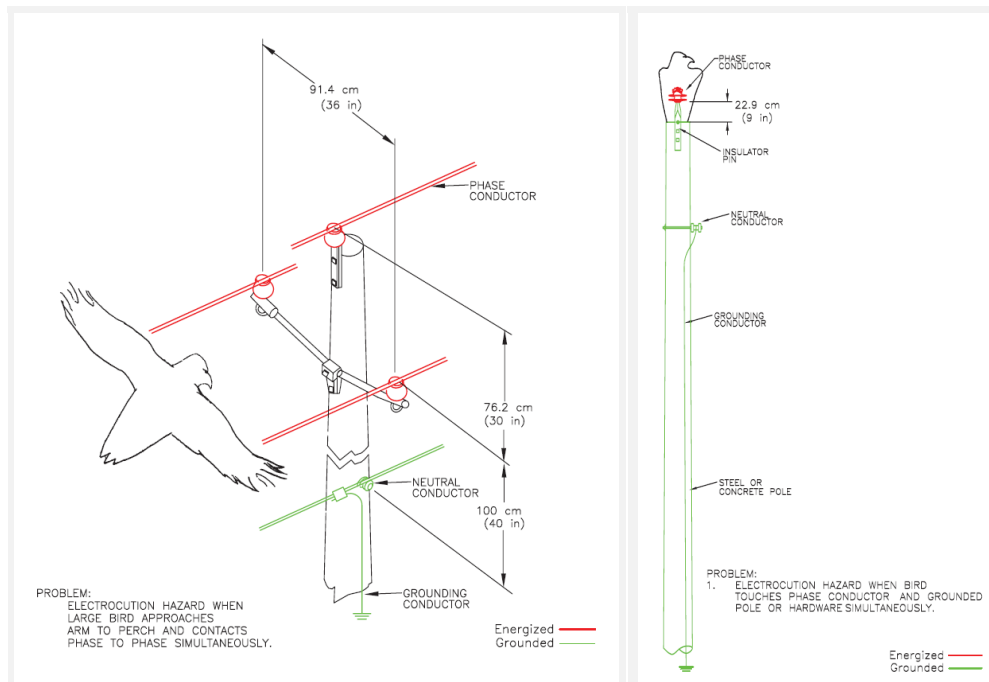
- La riqueza y abundancia de las especies presentes en el sitio.
- La temporada del año, ya que durante la época reproductiva las aves jóvenes e inexpertas comienzan a volar, incrementando el riesgo de colisión; así como durante la migración de verano o invierno.
- Poca visibilidad del cable de guarda.
- Las perturbaciones que provocan un vuelo súbito de las aves.
- La familiaridad de las comunidades aviares con el área.
- Diferencias climáticas, presencia de neblina u otras condiciones que minimicen la visibilidad.

- Ubicación de las zonas de alimentación y descanso.

En el caso de la electrocución, existen dos formas en las que un ave puede electrocutarse, la primera ocurre durante el vuelo a lo largo del tendido eléctrico, al momento que un ave se acerca y toca dos líneas sirviendo como puente para la electricidad (APLIC, 2006)⁹, en este sentido, el tamaño del ave es muy importante (con envergadura superior a 120 cm, que es la distancia promedio entre dos líneas de un tendido eléctrico), entre las especies que corren este riesgo se encuentran las especies de rapaces de las familias Cathartidae, Accipitridae y Falconidae, algunas especies acuáticas como la garza morena (*Ardea herodias*) y algunas rapaces nocturnas como el búho cornudo (*Bubo virginianus*) principalmente.

La segunda forma de electrocución ocurre en las torres eléctricas al momento de percharse, si llega a existir contacto con alguna fase conductora el ave sirve como puente entre esta y la estructura de la torre. Esta forma de electrocución depende más de los hábitos que del tamaño de las especies, ya que algunas especies suelen anidar en torres eléctricas, y muchas otras las utilizan como sitios de descanso, en estos casos se han reportado especies de rapaces tanto diurnas como nocturnas como principales víctimas de este tipo de electrocución, sin embargo, también existen reportes de especies de garzas, pájaros carpinteros, gorriones, cuervos, urracas, zorzales y palomas (APLIC, 2006) (Figura V.4).

Figura V.4 Electrocutación de aves con líneas de transmisión



Entre las especies más frecuentemente electrocutadas en las líneas eléctricas, de las cuales se tiene información para México, se encuentran

- Águila real (*Aquila chrysaetos*). Considerada particularmente vulnerable debido a su gran tamaño (la envergadura de sus alas tiene cerca de dos metros), además de la inexperiencia de los jóvenes al volar y el uso que estos hacen de los postes, para perchar y cazar.
- Aguililla real (*Buteo regalis*). Suele hallarse posada en el suelo o perchada en postes de cercas o postes de líneas eléctricas.
- Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*). Suele perchar y cazar en postes de líneas de energía eléctrica.
- Aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*).
- Gavilán pescador (*Pandion haliaetus*). Suele utilizar los postes de las líneas de energía como sitios de anidación.
- Cernícalo americano (*Falco sparverius*)
- Halcón mexicano (*Falco mexicanus*)
- Halcón peregrino (*Falco peregrinus*)
- Búho cornudo (*Bubo virginianus*)
- Cuervo llanero (*Corvus cryptoleucus*). Utilizan los postes de energía eléctrica durante el cortejo y para anidar.
- Garza morena (*Ardea herodias*)
- Cuervo común (*Corvus corax*)

Considerando los párrafos precedentes, así como la información presentada en el capítulo IV del presente estudio, las especies susceptibles a la colisión y electrocución son las especies rapaces y no rapaces que anidan en las estructuras de transmisión, las especies acuáticas y las especies migratorias y derivado del trabajo en campo se registró en el AeP tan solo la presencia de dos especies que cumplen con alguna de estas características: garza blanca (*Ardea alba*) que es una especie acuática migratoria y cuervo común (*Corvus corax*) que es una especie no rapaz que anida en las estructuras de transmisión.

La magnitud del impacto se medirá de siguiente manera:

- Indicador: Número de especies de aves registras en el AeP y el número de especies potencialmente presente en el SAR con susceptibilidad de colisión o electrocución.
- Descripción: La magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies de aves que fueron registradas en el AeP y aquellas que podrían presentar riesgo de colisión o electrocución
- Expresión:

$$I_{CA} = \frac{Sp_{sceaep}}{SP_{scesar}}$$

Donde

I_{ce} = Valor de riesgo de colisión y electrocución

Sp_{scesar} = Número de especies rapaces y no rapaces que anidan en las estructuras de transmisión, especies acuáticas y especies migratorias con presencia potencial en el SAR

Sp_{sceaep} = Número de especies rapaces y no rapaces que anidan en las estructuras de transmisión, especies acuáticas y especies registras en el AeP

El establecimiento de las torres de celosía y del cable de guarda son los elementos de mayor riesgo de colisión de aves, siendo el cable de guarda el elemento preponderante de colisión. Asimismo, la presencia de los paneles solares presenta un riesgo de mortandad principalmente para las especies migratorias

Para determinar la posible afectación a las aves, fue necesario identificar las especies rapaces y no rapaces que anidan en las estructuras de transmisión, las especies acuáticas y las especies migratorias.

De acuerdo con el número total de especies de aves que cumplen con las características antes descritas con presencia potencial en el SAR y considerando aquellas que tiene las mismas características pero que fueron registradas en el AeP se determina que la magnitud del impacto es de 0.03.

$$\frac{2}{68} = 0.029$$



Lo anterior nos permite aseverar que aunque se registra la presencia de aves susceptibles a este impacto, la proporción es muy baja en comparación con los valores normales que caracterizan una zona típica de migración por ejemplo, se puede inferir que en el AeP no existe zonas de tránsito para las aves mencionadas, y mucho menos está reconocido como un espacio de rutas migratorias de primer orden, razones por las cuales el impacto ocasionado por el riesgo de colisión y electrocución de aves será minimizado. Por lo tanto, se caracteriza que el valor de impacto por el riesgo de electrocución de aves que pudiera originar el establecimiento de la línea de transmisión es bajo. Dado que en el espacio del AeP no existen las condiciones naturales de relevancia para que pueda suceder la colisión y/o electrocución de aves, debido a que se encuentra alejado de cuerpos de agua permanente, la escasez de sitios de percha, la falta de recursos alimenticios y la zona marginal con ambientes agrícolas hacen de esta zona un área de bajo flujo transicional.

**Tabla V.23
Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto**

Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto			
Factor en el que incide	Fauna	Subfactor en el que incide	Hábitat
Síntesis descriptiva	<p>Considerando que el hábitat se define como el lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal¹⁰, entonces el impacto al hábitat va a depender de la diversidad biológica que existe en la zona de estudio, por lo que el hábitat se verá directamente afectado por la pérdida de la cobertura vegetal afectando a la flora y haciendo que las especies emigren hacia otros lugares. Considerando que en el predio de estudio menos del 30% de la superficie total del proyecto actualmente presenta vegetación natural (matorral crasicaule y vegetación secundaria de matorral crasicaule) y que de acuerdo con los muestreos de fauna realizado en sitio de estudio reflejan una pobre diversidad y escasa abundancia, se determina que el impacto al hábitat será de nivel bajo. Aunado a esto es importante no perder de vista que el tipo de vegetación que se va a remover en el sitio del proyecto tiene una distribución que va más allá de los límites del polígono del proyecto, por lo que se reafirma que la afectación al hábitat dentro del SAR será mínima.</p> <p>La remoción de la vegetación y el nuevo uso propuesto traerá consigo la posible pérdida de espacios que en condiciones naturales la fauna está utilizando como nido, refugio, sitio de alimentación, sitio de paso, sitio de descanso, etc.</p> <p>Este es un impacto residual, ya que los sitios perdidos por la construcción del proyecto no se recuperarán. Sin embargo, las nuevas condiciones que se generen, podrán ser atractivas para individuos de otras especies de fauna y en algunos casos la fauna original podrá reincidir y ocupar nuevamente el sitio modificado. Asimismo, se trata de un impacto puntual en virtud de que la eliminación de la vegetación sólo modificará el área de establecimiento del proyecto.</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
	x	x	x
Calificación	<p>El efecto se manifestará desde las primeras acciones del proyecto (desmonte y despalle); se trata de un impacto relevante, residual. La acumulación del impacto podrá adicionarse a la causada por otras actividades inherentes al proyecto.</p>		

Tabla V.24 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales

Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales			
Factor en el que incide	Fauna	Subfactor en el que incide	Desplazamiento

Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales				
Síntesis descriptiva	<p>En virtud de que el sitio del proyecto sufrirá modificaciones significativas tales como la eliminación de vegetación natural, cambio de actividad en las áreas agrícolas y principalmente el cercado perimetral de las áreas de paneles; se considera posible que la fauna que actualmente utiliza el área para: descanso, refugio, alimentación, zona de tránsito al no encontrar las condiciones pertinentes que satisfagan sus requerimientos y al toparse con el cercado perimetral, se verá en la necesidad de modificar su conducta de desplazamiento, alimentación, o cualquiera de las actividades que desarrollaba inicialmente en el área del proyecto y que con la implementación del proyecto ya no será posible.</p> <p>Este será un impacto residual, ya que los sitios perdidos por la construcción del proyecto no se recuperarán. Asimismo, se trata de un impacto puntual en virtud de que la eliminación de la vegetación sólo modificará el área de establecimiento del proyecto.</p>			
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM	A
			x	
Calificación	<p>El efecto será evidente en cuanto se inicien con las actividades de preparación y construcción, toda vez que se modificaran las características que actualmente brindan las áreas de estudio para la fauna, este efecto se verá reforzado durante la etapa de operación debido al impedimento que representará la cerca perimetral para el libre tránsito de la fauna terrestre.</p>			

Tabla V.25
Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo

Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo			
Factor en el que incide	Fauna	Subfactor en el que incide	Endemismo y especies en riesgo
Síntesis descriptiva	<p>En el sitio del proyecto, las actividades relacionadas con la preparación del sitio y construcción, ocasionaran en primer lugar el desplazamiento de individuos de especies de fauna endémicas o en régimen de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019), asimismo algunos individuos están expuestos a la posibilidad de morir atropellados o colisionados.</p> <p>En el caso de algunas especies este impacto será temporal, ya que dependiendo del tamaño de los individuos algunos podrán regresar al sitio del proyecto, pero en otros casos debido al vallado perimetral su reincidencia en el área del proyecto será imposible.</p>		

Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo				
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM	A
	x	x		
Calificación	<p>El efecto será evidente en cuanto se inicien con las actividades de preparación y construcción, toda vez que al detectar la presencia de personas y maquinaria laborando en el área las especies de fauna en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) podrían ser afectadas por cualquiera de las actividades previstas.</p> <p>El impacto es relevante, debido a que se deberán tomar las medidas necesarias para salvaguardar la integridad de los individuos de fauna en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) y endémicas que habitan el área de estudio.</p> <p>El efecto será temporal para algunas especies, una vez que concluyan las actividades de preparación y construcción del proyecto, algunas especies podrán regresar a sitio.</p>			

- **Indicador:** Número de especies endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el AeP y número de especies endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potencialmente presentes en el SAR
- **Descripción:** La magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que se localizan en el sitio del proyecto que podrían ser desplazadas temporalmente o definitivamente, comparado con el número de especies potenciales en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que se reportaron en el SAR
- **Expresión:**

$$I_{EyNOM} = \frac{SP_{e-NOMAeP}}{SP_{e-NOMSAR}}$$

Donde:

I_{EyNOM} = Valor de afectación potencial a individuos de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019)

$Sp_{e-NOMAeP}$ = Número de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) en presente en el área de establecimiento del proyecto

$Sp_{e-NOMSAR}$ = Número de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potenciales en el sistema ambiental regional.

En relación a lo anterior, las obras o actividades que se desarrollen en el área del proyecto, podrán ocasionar afectación a individuos de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en área del proyecto. Una forma de determinar la probable afectación es conociendo el número de especies de fauna endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el SAR y el número de especies endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el AeP. Es importante mencionar que las especies de fauna son móviles por lo tanto no se puede determinar cuántos individuos harán uso del sitio del proyecto al momento de iniciar las actividades, sin embargo, de acuerdo con los datos reportados en el capítulo IV se determinó que la abundancia es baja, es decir el número de individuos en el sitio del proyecto es reducida, al igual que el número de especie presentes.

En el predio donde se desplantará el proyecto no se registró la presencia de especies en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019), pero si se registró la presencia de tres especies endémicas pertenecientes al grupo de los reptiles: lagartija espinosa de grieta (*Sceloporus mucronatus*) y lagartija espinosa de pastizal (*Sceloporus scalaris*) y en el sistema ambiental se considera que la fauna potencial endémica es de 44 especies de las cuales siete tienen categoría de amenazadas y 10 tienen la categoría de sujetas a protección especial, además potencialmente en el SAR también hay 26 especies con categoría de riesgo (9 amenazadas y 17 sujetas a protección especial), con base en lo expuesto la fauna potencial en el SAR es de 70 especies endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019).

De acuerdo con el número de especies endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que podrán ser afectados en comparación con las especies potenciales del SAR se tiene que la magnitud del impacto es de 0.029.

$$\frac{2}{70} = 0.029$$



Tabla V.26 Pérdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto

Pérdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto			
Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Síntesis descriptiva	<p>La construcción del proyecto implicará la reducción de 86.0267 hectáreas de terrenos que actualmente están provistos de vegetación natural (matorral crasicaule 55.8007 ha y vegetación secundaria de matorral crasicaule 30.2257 ha).</p> <p>La manifestación del impacto se concretará en la reducción de los índices de diversidad, abundancia y riqueza de la vegetación natural, como consecuencia de la remoción de individuos de las especies que conforman a la comunidad.</p> <p>El impacto tendrá un efecto inmediato y acumulativo al desarrollo de las obras. La persistencia del efecto permanecerá a lo largo de la vida útil del proyecto, lo que evidencia el carácter residual del impacto y la imposibilidad absoluta de lograr una reversibilidad natural.</p> <p>El impacto incidirá sobre vegetación primaria y secundaria de matorral crasicaule presente en el área de establecimiento del proyecto, si bien muestra niveles diversos de fragmentación, sus remanentes conforman aún los relictos florísticos en el SAR. Es importante recalcar el flujo de acumulación derivado de los proyectos similares que inciden en el SAR desde hace ya varios años.</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
	x		A
Calificación	<p>La relevancia del impacto incidirá de manera negativa sobre los valores remanentes de la integridad del ecosistema de matorral crasicaule, sobre su calidad, reduciendo los índices estimados en el T0 y sobre la capacidad de carga del ecosistema al incrementar las tasas de modificación del uso de los suelos de las áreas donde se establezcan las obras.</p> <p>Se trata de un impacto residual, aunque también se podría registrar un flujo de acumulación con el efecto similar de otros proyectos que se encuentran insertos en el SAR desde hace ya, varios años.</p>		

La magnitud del impacto se medirá de la siguiente manera:

- **Indicador:** Superficie cubierta con vegetación en el AeP y la superficie cubierta con vegetación en el SAR.

- **Descripción:** La magnitud del impacto será determinada por la relación de la superficie con vegetación en el AeP y la superficie con vegetación en el SAR.
- **Expresión:**

$$I_v = \frac{A_{vaeP}}{A_{vsar}}$$

Donde

I_v = Valor de la pérdida de cobertura vegetal

A_{vsar} = Superficie cubierta con vegetación en el SAR

A_{vaeP} = Superficie cubierta con vegetación en el AeP

El SAR, comprende una superficie de 45,210.66 ha donde, de acuerdo con la serie VI del INEGI, domina el uso de suelo agrícola que ocupa el 59.29 % de su superficie, en tanto que la vegetación forestal representada por el matorral crasicaule y el bosque de encino, en estado primario y secundario de vegetación en ambos casos, ocupan en conjunto tan sólo el 20.3% (9,169.0545 ha) de la superficie del SAR. En el caso del AeP (322.36 ha) el uso de suelo agrícola ocupa el 74.39% (239.1014 ha) de la superficie y la vegetación forestal representada por el matorral crasicaule en estado primario y secundario ocupa el 25.61% (82.5586 ha) de la superficie del AeP

Con base en la superficie cubierta por vegetación forestal en el SAR y la superficie con cubierta forestal que se removerá en el AeP por las actividades del proyecto, se tiene que la magnitud del impacto es de 0.0090.

$$\frac{82.5586}{9,169.0545} = 0.0090$$



De forma particular el impacto de pérdida de cobertura vegetal podrá tomar magnitud de 0.0132 si únicamente se toma en cuenta la superficie cubierta por vegetación de matorral crasicaule presente en el SAR (6,270.0518 ha).

$$\frac{82.5586}{6,270.0518} = 0.0132$$



Tabla V.27 Afectación a individuos de especies de flora endémica y con categoría de riesgo

Afectación a individuos de especies de flora endémica o con categoría de riesgo			
Factor en el que incide	Flora	Subfactor en el que incide	Endemismo y especies en riesgo
Síntesis descriptiva	Las actividades de desmonte ocasionaran que en el área de establecimiento del proyecto se elimine a los individuos de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019). Este impacto será permanente, ya que por las características del proyecto no es posible que la vegetación natural vuelva a colonizar el área.		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
	X		A
Calificación	El efecto será evidente en cuanto se inicien con las actividades de desmonte, toda vez que dicha actividad está encaminada a derribar toda la vegetación presente incluyendo a las especies de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019). El impacto es relevante, por lo que se deberán tomar las medidas necesarias para salvaguardar a los individuos de flora endémica y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019).		

- **Indicador:** Número de especies de flora endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el AeP y número de especies de flora endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potencialmente presentes en el SAR
- **Descripción:** La magnitud del impacto será determinada por la relación del número de especies endémica y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que se localizan en el sitio del proyecto, comparado con el número de especies potenciales endémicas y en régimen de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que se reportaron en el SAR
- **Expresión:**

$$I_{EyNOM} = \frac{SP_{e-NOMAeP}}{SP_{e-NOMSAR}}$$

Donde:

- I_{EyNOM} = Valor de afectación potencial a individuos de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019).
- $Sp_{e-NOMAeP}$ = Número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) en presente en el área de establecimiento del proyecto
- $Sp_{e-NOMSAR}$ = Número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) potenciales en el sistema ambiental regional.

En relación a lo anterior, las obras o actividades que se desarrollen en el área del proyecto, podrán ocasionar afectación a individuos de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el área del proyecto. Una forma de determinar la probable afectación es conociendo el número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el SAR y el número de especies de flora endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) presentes en el AeP.

Con base en la literatura consultada, potencialmente en el SAR hay 52 especies endémicas de las cuales *Dasyllirion acrotrichum*, *Coryphantha elephantidens*^{VII} y *Mammillaria wiesingeri* tienen categoría de amenazada, también se registró la presencia de *Mammillaria crinita*^{VIII} y *Cupressus lusitánica* que tiene categoría de sujeta a protección especial; en total en el SAR hay 53 especies potenciales de flora endémica o con categoría de riesgo.

Derivado del trabajo de campo, en el AeP se registró la presencia de 19 especies endémicas, de las cuales *Coryphantha elephantidens* tiene categoría de amenazada y *Mammillaria crinita* tiene categoría de sujeta a protección especial.

De acuerdo con el número de especies endémicas y en régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Anexo Normativo III actualizado al 17-12-2019) que podrán ser

^{VII} *C. elephantidens* es el nombre válido para la sinonimia *C. elephantidens* var. *barciae*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Coryphantha+elephantidens+>)

^{VIII} *M. crinita* es el nombre válido para la sinonimia *M. crinita* subsp. *crinita*, incluida con este último nombre en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (taxonomía revisada en: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Mammillaria+crinita+>)

afectadas en comparación con las especies potenciales del SAR se tiene que la magnitud del impacto es de 0.358.

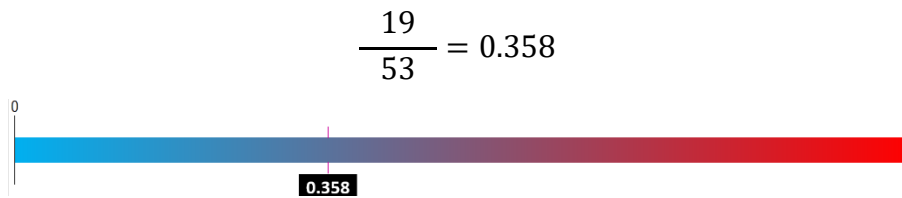


Tabla V.28 Disminución local de los valores de la calidad paisajística

Disminución local de los valores de la calidad paisajística			
Factor en el que incide	Paisaje	Subfactor en el que incide	Calidad
Síntesis descriptiva	<p>Para evaluar la calidad del paisaje se consideran aspectos como intervisibilidad, altitud, vegetación, agua y singularidades geológicas. El análisis de dichas variables en el AeP mostró un sitio poco heterogéneo, al instalar en proyecto, dependiendo de la percepción visual la heterogeneidad podría incrementar, al alterar la gama básica de contrastes y las tonalidades que predominan en el área de establecimiento, lo que perceptualmente puede resultar en inconformidades sociales.</p> <p>Este impacto es importante debido a que es persistente durante toda la operación del proyecto.</p> <p>Este es un impacto residual, ya que mientras se encuentre en operación el proyecto no habrá medidas que puedan contrarrestar la alteración del paisaje</p>		
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM
			A
Calificación	Impacto de carácter negativo, acumulativo y residual, toda vez que permanecerá a lo largo de la vida útil del proyecto.		

Tabla V.29 Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)

Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)			
Factor en el que incide	Infraestructura	Subfactor en el que incide	Gasoducto
Síntesis descriptiva	Si bien casi la totalidad de los elementos que conforman el proyecto se desarrollaran fuera de los límites del área de establecimiento del gasoducto ubicado en el centro del predio donde se construirá la "Planta Fotovoltaica		

Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)				
	<p>Alten Hidalgo 100 MW”, el camino 1, el camino 2 y el derecho de vía de la línea de alta tensión si cruzaran el área de establecimiento del gasoducto ubicado en el centro del predio.</p> <p>Las actividades del proyecto podrían propiciar afectación al ducto existente si y sólo si la promotora no sigue las medidas de prevención de siniestros determinadas por el concesionario del gasoducto y las disposiciones jurídicas aplicables.</p>			
Etapas en la que se presentará el Impacto	PS	C	OyM	A
	x	x	x	x
Calificación	<p>Considerando que la mayoría de los elementos del proyecto se ubicaran distantes al área del gasoducto (casi dos veces mayores a los 14 m que tiene el derecho de vía (DDV) de este tipo de infraestructura, establecido por la NOM-007-ASEA-2016), y que el proyecto de estudio únicamente tendrá dos puntos de contacto directos (camino 1 y camino 2) con el área del gasoducto, se considera que es un impacto puntual, de baja posibilidad de ocurrencia, no destacable.</p>			

De acuerdo con la técnica empleada para determinar la magnitud de los impactos; todos los impactos a los que fue posible evaluar cuantitativamente el valor del impacto se ubican dentro de los valores de impactos de compatible severidad.

V.1.4 Impactos residuales

La residualidad es una característica sobresaliente de los impactos ambientales; se trata de efectos irreversibles en el ambiente ocasionados por una o más acciones del proyecto. En este caso, la alteración del medio o la pérdida de algunos de sus atributos es imposible de reparar de manera natural o por la acción humana mediante la aplicación de medidas de mitigación.

Conceptualmente se asume que toda obra o actividad que ocupa un espacio físico para su establecimiento puede derivar en impactos residuales, pero no solo eso, cuando el efecto no tiene una forma técnicamente razonable, económica, ambientalmente viable y socialmente aceptada para anularlo, estamos ante impactos de residualidad.

La identificación, evaluación y descripción de los impactos residuales, permite separar y dar el peso adecuado a los impactos que no son posibles de mitigar totalmente, que son inevitables y que forman parte del propio proyecto por lo que es necesario dedicar una sección especial del presente capítulo a su análisis. 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 SAR, reduzca su efecto o destacabilidad. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales.

Como se menciona con anterioridad, 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 esta sección, 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 SAR.

En muchos casos de residualidad cabe la aplicación de medidas de compensación, esto representa una estrategia de sustitución de un elemento ambiental perdido por otro de igual valor o de la misma función o como la sustitución de la acción productora del efecto negativo; en estos casos para asegurar la eficacia y la eficiencia de la medida compensatoria, es necesario que esta sea aplicada en el mismo ecosistema modificado por el efecto del impacto residual.

La alteración que supone un impacto residual puede ser atenuada, pero no necesariamente evitada en la totalidad de su efecto, en todo caso, estamos ante un impacto residual (Conesa, F. V., 2010)¹¹. En este sentido, esta descripción está alineada a la definición que hace el Reglamento de la LGEEPA en materia de IA, el cual define a estos impactos como aquellos que persisten después de la aplicación de medidas de mitigación; al respecto, si bien la definición no es incorrecta, si pudiera ser incompleta ya que hay ciertos casos en los cuales ni siquiera cabe la aplicación de medidas de mitigación, tal es el caso del área que ocupa la carpeta asfáltica de una carretera en relación al impacto sobre la remoción de vegetación que ocupaba ese mismo espacio o el cambio de régimen dinámico de un cauce en el cual se construye una represa al pasar de un medio lenticó a un medio lótico, etc.

En esta MIA-R la identificación de ese tipo de impactos se llevó a cabo en función del atributo de recuperabilidad (o irrecuperabilidad) que se identifica en los impactos ambientales destacables, previamente identificados y evaluados, por lo que aquellos factores del ambiente que no podrán volver a su estado original, de ser el caso, aún con la aplicación de medidas de mitigación, son considerados como afectados por impactos residuales, ellos representan el costo ambiental del proyecto.

De esta forma, la identificación de estos impactos deriva de un análisis lógico, basado en el conocimiento del proyecto, del ambiente y del estatus de las técnicas aplicables a la mitigación de los impactos correspondientes (Espinoza, G, 2001)¹²; así, en el conjunto de los 11 impactos destacables se reconocen seis impactos como residuales, mismo que incidirán sobre la fauna, flora y paisaje (Tabla V.30).

Tabla V.30 Impactos destacables con carácter de residualidad

ID	Impactos destacables	Residualidad
1	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	Recuperable
5	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	Recuperable
6	Modificación puntual del curso de escorrentías	Recuperable
7	Incremento de la susceptibilidad de erosión	Recuperable
8	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	No recuperable
9	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivada de la colisión y la electrocución	No recuperable
10	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	No recuperable
11	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	No recuperable
12	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	Recuperable
13	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	No recuperable
14	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	Recuperable
15	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	No recuperable

Los impactos residuales identificados son siete:

Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto. Este se considera un impacto residual debido a que algunos individuos de fauna ya no podrán retornar al sitio del proyecto, principalmente debido la presencia de una barrera física (cercado perimetral). Es importante mencionar que algunos de los individuos de fauna que actualmente se distribuyen en el predio de estudio, probablemente después del término de las actividades de construcción, cuando el proyecto se encuentre en operación la fauna adaptada a las actividades antropogénicas se podrá reincorporar al sitio de estudio.

Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivada de la colisión y la electrocución. Este impacto se considera impacto residual debido a que, a pesar de la aplicación de medidas que minimizan los eventos de colisiones con la línea de transmisión, hacen que exista el riesgo latente de la posible ocurrencia de colisión y electrocución de las aves.

Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto. Este se considera un impacto residual debido a que una vez que se construya el proyecto ya no habrá posibilidades de retornar a las condiciones originales que prevalecían en el sitio del proyecto (presencia de vegetación de matorral crasicaule uso agrícola) y que originaban que la fauna ocupara el sitio para nido, refugio, sitio de alimentación, sitio de paso, sitio de descanso, etc.

Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales. Este se considera un impacto residual ya que debido a las características del proyecto (conjunto de obras instaladas de forma continua y concentradas en espacio cercado) para algunas de la especie de fauna será imposible seguir desplazándose por sus rutas habituales, obligándolos a buscar nuevas alternativas y tampoco será posible retornar al sitio del proyecto, obligándolos a la búsqueda de nuevos satisfactores vitales.

Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto. El cambio de uso de suelo provocado por la eliminación de la vegetación presente en el sitio de estudio en su nuevo uso de suelo conlleva la pérdida de cobertura vegetal de forma permanente, únicamente en el área de implante del proyecto, durante toda la vida útil del proyecto, y solo se podrá restablecer una cobertura herbácea ya que por la naturaleza del proyecto no sería factible restablecer otro tipo de vegetación.

Disminución local de los valores de la calidad paisajística. Considerando que actualmente el paisaje este integrado por los elementos naturales del sitio (vegetación de matorral crasicaule) y por las actividades de agricultura; el establecimiento de los paneles solares y demás elementos del proyecto disminuirán los valores de calidad del paisaje de forma permanente durante todas las etapas del proyecto.

V.1.5 Impactos acumulativos

El impacto ambiental acumulativo es aquel efecto que puede ocurrir sobre una parte de algún factor del ambiente, sobre el propio factor o incluso sobre todo el ambiente (incluyendo al factor social como parte del mismo) y que ocurre en el tiempo y en el espacio de manera incremental como resultado de la(s) acción(es) que lo(s) provoca(n), aumentado por el efecto similar ocurrido en el pasado, o que está ocurriendo actualmente o que podría llegar a ocurrir.

El impacto ambiental acumulativo visto desde la perspectiva ecosistémica se materializa en:

- a) Efecto incremental en el tiempo: esto es cuando el resultado del desarrollo de un proyecto alcanza paulatina o aceleradamente valores incrementales por la integración de efectos propios del proyecto y que inciden en un mismo factor del ambiente.
- b) Impactos de otros proyectos sobre el mismo espacio o sobre el mismo factor ambiental,
- c) Impactos que incrementan su valor como consecuencia de la combinación de efectos y de la naturaleza propia de la acción que lo(s) provoca. En sí se

trata de un fenómeno de sinergia que es, al fin y al cabo, una concreción de la acumulación.

Visto así, los impactos ambientales acumulativos son el resultado bruto o neto de la adición de efectos de una serie de proyectos o actividades, incluso no relacionadas entre sí, que dan lugar a valores incrementales en el espacio o en el tiempo (CEARC, 1988¹³). Los impactos acumulativos resultan de las interacciones entre acciones, entre acciones y factores del ambiente y entre los propios factores ambientales; la vía resultante de esas causas y efectos es frecuentemente el objetivo de la evaluación de los impactos acumulativos (Ramachandra, T.V., et al, 2006¹⁴). Las vías cómo pueden expresarse los impactos acumulativos son:

- **Transporte fisicoquímico.** Acontece cuando el constituyente físico o químico es transportado lejos del sitio donde se desarrolla la acción objeto de análisis y, en esa nueva localización, interactúa con otras acciones de otros proyectos.
- **Pérdida gradual.** Consiste en la pérdida gradual de tierra y hábitat.
- **Inducción a la acumulación potencial.** Cada nueva acción puede inducir futuros efectos de dimensiones mayores y persistentes, a manera de efecto de retroalimentación y esos efectos pueden ser razonablemente predecibles.
- **Combinación en el espacio y en el tiempo.** En estos casos, el impacto acumulativo en una región es el resultado de un proyecto en curso (o de un proyecto terminado), en combinación con otros proyectos o actividades que están funcionando bien o van a trabajar en un futuro próximo con efectos destacables. Los impactos acumulativos son los impactos ambientales incrementales de un agente causal, persistente en el tiempo; estos impactos pueden ocurrir cuando el sistema está siendo afectado o perturbado en varias ocasiones por el mismo agente local, con la frecuencia suficiente de forma tal que no hay tiempo para recuperarse entre cada uno de esos eventos (acumulación en el tiempo) o el sistema afectado está siendo perturbado por varios agentes o actividades similares, o por diferentes actividades que producen un efecto similar en un espacio geográfico, relativamente pequeño, para asimilar los efectos de los impactos combinados (acumulación en el espacio).

Lo que es una realidad es que, como en muchos campos de la EIA, la acumulación va a depender de la vulnerabilidad y/o fragilidad de los factores ambientales y de la naturaleza del proyecto que origina las acciones potencialmente perturbadoras; así, para el caso de la Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW, se había anticipado al inicio de este capítulo que los factores ambientales más vulnerables son: la fauna, flora y, particularmente el cambio de uso

de suelo; y el paisaje. En torno a estos tres elementos constitutivos del ambiente se prevé que se identifiquen efectos de alcance acumulativo, en cualquiera de sus fases de desarrollo.

Es importante destacar que el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, en la fracción VII de su artículo 3 define al impacto ambiental acumulativo como 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.

Bajo estas consideraciones la determinación de los impactos ambientales acumulativos inició con la identificación y valoración (incidencia) de los impactos ambientales del proyecto “Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”; y además se consideran las obras y actividades de otros proyectos que se encuentran en el SAR y que se prevé pudieran estar generando efectos sobre factores del ambiente que pudiesen adicionarse a los procesos de acumulación de los impactos que puede generar el proyecto.

En el caso de los proyectos evaluados en materia de impacto ambiental la identificación de los impactos fue retomada de sus propias MIA’s y oficios de autorización , en tanto que para los proyectos que, aparentemente, no fueron evaluados en materia de EIA pero que ya están en operación desde hace varios años atrás^{IX}, los efectos (o mejor dicho los daños al ambiente), fueron detectados durante las visitas a campo para realizar tanto los estudios prospectivos, como los trabajos de diagnóstico ambiental. Arrojando un total de 41 impactos ambientales (Tabla V.31).

Tabla V.31 Impactos potenciales de los proyectos identificados en el SAR

Factor	ID	Proyecto de estudio	Proyectos con EIA					Proyectos sin EIA		Impacto ambiental resultante	
		Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R	Tren de pasajeros México Querétaro	Daño 1	Daño 2	Hidalgo Solar 1	Línea de transmisión eléctrica Jilotepec - Daño	Gasoducto Tula -Villa de Reyes	Carreteras		Agricultura
Microclima	1							Modificación del microclima por el desmonte			Modificación del microclima por el desmonte
Agua	2	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	Alteración de la calidad del agua superficial por la acumulación de residuos	Posible modificación de la calidad del agua	Alteración de la calidad del agua	Alteración de la calidad del agua superficial	Contaminación de cuerpos de agua	Disminución de la calidad del agua	Alteración calidad H2O pluvial por incremento de contaminantes		Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos
	3						Aumento de arrastre de				Aumento de arrastre de

^{IX} Para intentar recopilar información alusiva a la EIA de los proyectos de vías de comunicación (carreteras, estatales y federales) que operan dentro del polígono del SAR, así como parcelas agrícolas, se hizo una búsqueda en las gacetas ecológicas de la DGIRA/SEMARNAT y se consultó a las autoridades locales, no encontrando ninguna referencia útil que permitiera identificar a dichos proyectos y sus antecedentes en materia de EIA.

Factor	ID	Proyecto de estudio	Proyectos con EIA					Proyectos sin EIA		Impacto ambiental resultante	
		Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R	Tren de pasajeros México Querétaro	Daño 1	Daño 2	Hidalgo Solar 1	Línea de transmisión eléctrica Jilotepec - Daño	Gasoducto Tula - Villa de Reyes	Carreteras		Agricultura
							sedimentos hacia cuerpos de agua			sedimentos hacia cuerpos de agua	
	4							Disminución de la superficie de recarga del acuífero	Disminución marginal de niveles de recarga de acuíferos	Disminución marginal de niveles de recarga de acuíferos	
	5	Disminución puntual de la infiltración	Disminución de los índices de infiltración						Disminución local de la infiltración por alteración del drenaje superficial	Disminución local de la infiltración por alteración del drenaje superficial	
Aire	6	Incremento temporal de partículas suspendidas		Emisiones a la atmosfera	Contaminación atmosférica	Contaminación atmosférica	Emisiones de gases		Incremento en la concentración de contaminantes y partículas en el aire	Incremento temporal de partículas suspendidas	
	7			Polvos y partículas suspendidas			Suspensión de polvos			Polvos y partículas suspendidas	
	8							Alteración temporal y local de los niveles de calidad del aire		Alteración temporal y local de los niveles de calidad del aire	
	9						Malos olores			Malos olores	
	10	Incremento temporal en los niveles de ruido.		Aumento en los niveles y percepción de ruido	Alteración del confort sonoro	Alteración del confort sonoro	Producción de ruido	Emisión de ruido	Incremento de los niveles de ruido durante el día		Incremento temporal en los niveles de ruido.
	11								Incremento de los niveles de ruido durante la noche		Incremento de los niveles de ruido durante la noche
Suelo	12	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos		Alteración de la calidad del suelo	Alteración de la calidad del suelo	Alteración de la calidad del suelo	Alteración de las características del suelo		Alteración de la calidad del suelo por derrames (grasas, lubricantes y otros líquidos)		Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos
	13						Contaminación el suelo	Contaminación del suelo			Contaminación el suelo
	14			Remoción de suelo				Remoción de suelo			Remoción de suelo
	15			Perdida de suelo	Perdida de suelo	Perdida de suelo	Perdida de suelo	Perdida de suelo fértil			Perdida de suelo
	16						Compactación del suelo		Incremento en la compactación del suelo		Incremento en la compactación del suelo
	17							Modificación del relieve	Modificación del relieve original para conformar sitios planos	Modificación del relieve original para conformar sitios planos	Modificación del relieve original para conformar sitios planos
	18								Modificación de las características físicas del suelo derivado de excavaciones	Modificación de las características físicas del suelo derivado de excavaciones	Modificación de las características físicas del suelo derivado de excavaciones

Factor	ID	Proyecto de estudio	Proyectos con EIA					Proyectos sin EIA		Impacto ambiental resultante		
		Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R	Tren de pasajeros México Querétaro	Daño 1	Daño 2	Hidalgo Solar 1	Línea de transmisión eléctrica Jilotepec - Daño	Gasoducto Tula - Villa de Reyes	Carreteras		Agricultura	
	19								Disminución de la porosidad del suelo		Disminución de la porosidad del suelo	
	20									Modificación del uso de suelo agrícola y/o de matorral para uso de suelo eléctrico	Modificación del uso de suelo agrícola y/o de matorral para uso de suelo eléctrico	
	21									Incremento en la pérdida de suelo por arrastre pluvial de sólidos	Incremento en la pérdida de suelo por arrastre pluvial de sólidos	
	22								Alteración de la estabilidad natural del suelo como consecuencia de la remoción de vegetación y de excavaciones	Alteración de la estabilidad natural del suelo como consecuencia de la remoción de vegetación y de excavaciones	Alteración de la estabilidad natural del suelo como consecuencia de la remoción de vegetación y de excavaciones	
Procesos del medio inerte	23	Modificación puntual del curso de escorrentías					Modificación de escorrentías	Modificación del patrón de escurrimiento superficial	Modificación negativa de las escorrentías que conducen aguas pluviales	Modificación negativa de las escorrentías que conducen aguas pluviales	Modificación puntual del curso de escorrentías	
	24							Modificación de cauces y arroyos			Modificación de cauces y arroyos	
	25	Incremento de la susceptibilidad de erosión	Incremento de riesgo de erosión por la remoción forestal				Probable erosión			Incremento en los niveles de erosión	Incremento de la susceptibilidad de erosión	
	26		Fragmentación del ecosistema								Fragmentación del ecosistema	
Fauna	27	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	Desplazamiento de la fauna y pérdida del hábitat				Ahuyentamiento de la fauna		Desplazamiento temporal de poblaciones de especies	Desplazamiento temporal de poblaciones de especies	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	
	28				Afectación de individuos de fauna	Afectación a la fauna	Afectación de especies de fauna				Afectación de especies de fauna	
	29							Abundancia y distribución			Abundancia y distribución	
	30	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución		Colisión y electrocutamiento				Muerte accidental de individuos	Disminución del número de individuos voladores por colisión y electrocución	Disminución del número de individuos voladores por colisión y atropellamiento	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión, electrocución y atropellamiento	
	31	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	Desplazamiento de la fauna y pérdida del hábitat	Afectación al hábitat de las especies faunísticas (posible efecto barrera)	Modificación del hábitat			Perdida del hábitat	Disminución del hábitat	Afectación del hábitat por construcción de obras	Afectación del hábitat por construcción de obras	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto
	32	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la								Cambios en la selección de sitios de anidación por alteración del hábitat	Cambios en la selección de sitios de anidación por alteración del hábitat	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la

Factor	ID	Proyecto de estudio	Proyectos con EIA					Proyectos sin EIA		Impacto ambiental resultante	
		Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW MIA-R	Tren de pasajeros México Querétaro	Daño 1	Daño 2	Hidalgo Solar 1	Línea de transmisión eléctrica Jilotepec - Daño	Gasoducto Tula - Villa de Reyes	Carreteras		Agricultura
		Búsqueda de factores vitales									Búsqueda de factores vitales
	33	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo		Afectación a las poblaciones de especies de fauna silvestre incluidas en la NOM-059-SAMARNAT-2010 de interés biológico y de aquellas de desplazamiento lento					Disminución del número de individuos de especies de la fauna con estatus de riesgo	Disminución del número de individuos de especies de la fauna con estatus de riesgo	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo
Flora	34	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto		Perdida de la cobertura vegetal	Perdida de cobertura vegetal	Perdida de cobertura vegetal	Perdida de cobertura vegetal	Disminución de la cobertura vegetal	Reducción de la cobertura vegetal	Reducción de la cobertura vegetal	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto
	35						Afectación de especies de flora				Afectación de especies de flora
	36			Perdida de individuos de flora				Afectación a la abundancia y distribución			Perdida de individuos de flora
	37								Reducción de los niveles de diversidad de la vegetación		Reducción de los niveles de diversidad de la vegetación
	38	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo						Afectación a especies protegidas de acuerdo a NOM-059-SEMARNAT-2010	Disminución del número de individuos de las especies en riesgo	Disminución del número de individuos de las especies en riesgo	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo
Paisaje	39	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	Modificación del paisaje				Cambio en la cobertura de vegetación				Disminución local de los valores de la calidad paisajística.
	40						Introducción de elementos diferentes				Introducción de elementos diferentes
Infraestructura	41	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)									Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)
Total		15	7	12	8	7	21	14	22	15	40

El conjunto de los 40 impactos destacables que fueron evaluados en términos de la fuente o causa de origen, de los procesos de cambio que podrían generar (en el espacio y en el tiempo) y de los efectos que generan o podrían generar en la estructura y en la función de los ecosistemas; a cada una de estas variables se le asignó un valor estandarizado. Los valores más altos (3) de estos tres criterios empleados indican que el impacto alcanza una relevancia destacable (tabla V.10).

Tabla V.32 Valores de los criterios aplicados para determinar acumulación

criterio	Valor	Significado
Fuente	1	Una sola acción
	2	Varias acciones proyectos con EIA o varias acciones proyectos sin EIA
	3	Varias acciones proyectos con y sin EIA
Procesos	1	Cambios en el tiempo
	2	Cambios en el espacio
	3	Cambios en el tiempo y espacio
Efectos	1	En estructura del ecosistema
	2	En función del ecosistema
	3	En estructura y función del ecosistema

La aplicación del modelo del índice de incidencia para este caso, adaptado a un índice de acumulación, se basó en un modelo diseñado específicamente:

$$Ac = \frac{Vc - Vac_{min}}{Vac_{max} - Vac_{min}}$$

Los valores de acumulación así obtenidos, fueron cribados aplicando un umbral de selección que definió como impactos acumulativos aquellos que tuvieron un valor igual o superior a 0.67 puntos (de un valor máximo potencial de 1.0 puntos)

Los resultados obtenidos permitieron identificar en el conjunto de 40 impactos del SAR (dentro de los cuales se incluyen a los impactos del proyecto Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW), siete impactos potencialmente acumulativos que sobresalen por su incidencia, mismos que actúan sobre los procesos del medio inerte, la fauna, la flora y el paisaje (Tabla V.33).

Tabla V.33 Matriz de estimación de valores estandarizados de acumulación

Factor	ID	Impacto ambiental resultante	VacMáx	VacMín	Fuente	Proceso	Efecto	Índice de acumulación (iac)	Índice de acumulación	Impacto destacable	
										Si	No
Microclima	1	Modificación del microclima por el desmonte	9	3	1	1	1	3	0.00		•
Agua	2	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	9	3	3	1	1	5	0.33		•
	3	Aumento de arrastre de sedimentos hacia cuerpos de agua	9	3	1	1	2	4	0.17		•
	4	Disminución marginal de niveles de recarga de acuíferos	9	3	1	1	1	3	0.00		•
	5	Disminución puntual de la infiltración	9	3	3	1	1	5	0.33		•
Aire	6	Incremento temporal de partículas suspendidas	9	3	3	2	1	6	0.50		•
	7	Polvos y partículas suspendidas	9	3	2	3	1	6	0.50		•
	8	Alteración temporal y local de los niveles de calidad del aire	9	3	1	1	1	3	0.00		•
	9	Malos olores	9	3	1	1	1	3	0.00		•
	10	Incremento temporal en los niveles de ruido.	9	3	3	1	1	5	0.33		•
	11	Incremento de los niveles de ruido durante la noche	9	3	1	1	1	3	0.00		•

Factor	ID	Impacto ambiental resultante	VacMáx	VacMín	Fuente	Proceso	Efecto	Índice de acumulación (Iac)	Índice de acumulación	Impacto destacable	
										Si	No
Suelo	12	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	13	Contaminación el suelo	9	3	1	1	1	3	0.00		●
	14	Remoción de suelo	9	3	2	2	1	5	0.33		●
	15	Perdida de suelo	9	3	3	2	1	6	0.50		●
	16	Incremento en la compactación del suelo	9	3	3	2	1	6	0.50		●
	17	Modificación del relieve original para conformar sitios planos	9	3	2	2	1	5	0.33		●
	18	Modificación de las características físicas del suelo derivado de excavaciones	9	3	2	2	2	6	0.50		●
	19	Disminución de la porosidad del suelo	9	3	1	1	2	4	0.17		●
	20	Modificación del uso de suelo agrícola y/o de matorral para uso de suelo eléctrico	9	3	1	1	3	5	0.33		●
	21	Incremento en la pérdida de suelo por arrastre pluvial de sólidos	9	3	1	1	1	3	0.00		●
Procesos del medio inerte	22	Alteración de la estabilidad natural del suelo como consecuencia de la remoción de vegetación y de excavaciones	9	3	2	2	1	5	0.33		●
	23	Modificación puntual del curso de escorrentías	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	24	Modificación de cauces y arroyos	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	25	Incremento de la susceptibilidad de erosión	9	3	3	3	3	9	1.00	●	
Fauna	26	Fragmentación del ecosistema	9	3	1	2	1	4	0.17		●
	27	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	9	3	3	3	1	7	0.67	●	
	28	Afectación de especies de fauna	9	3	2	1	1	4	0.17		●
	29	Abundancia y distribución	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	30	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión, electrocución y atropellamiento	9	3	3	3	3	9	1.00	●	
	31	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	9	3	3	3	3	9	1.00	●	
Flora	32	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	9	3	3	3	3	9	1.00	●	
	33	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	34	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	9	3	3	3	3	9	1.00	●	
	35	Afectación de especies de flora	9	3	1	1	1	3	0.00		●
	36	Perdida de individuos de flora	9	3	1	1	1	3	0.00		●
Paisaje	37	Reducción de los niveles de diversidad de la vegetación	9	3	1	1	1	3	0.00		●
	38	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	9	3	3	1	1	5	0.33		●
	39	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	9	3	3	3	1	7	0.67	●	
Infraestructura	40	Introducción de elementos diferentes	9	3	1	1	1	3	0.00		●
	41	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	9	3	1	1	1	3	0.00		●
Total									7	33	

Los impactos acumulativos identificados son:

Factor	Impacto
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto
Fauna	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión, electrocución y atropellamiento
Fauna	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto
Fauna	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales
Flora	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.

Incremento de la susceptibilidad de erosión. La remoción de la vegetación implicará dejar el suelo desnudo como parte del proceso de preparación del sitio, propiciando un suelo susceptible tanto a la erosión eólica como a la erosión hídrica. Este tipo de degradación será más evidente cuantos más proyectos se establezcan el SAR.

Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto. Las actividades que demandan cada uno de los proyectos establecidos en el SAR ya sea para su realización o para su operación provocan que la fauna sea ahuyentada en busca de sitios seguros, dependiendo de las actividades que se desarrollen en el proyecto y el tipo de construcciones, para muchos de los individuos de fauna el ahuyentamiento es temporal, pero para otros el ahuyentamiento es permanente. Con cualquier nuevo proyecto que se establezca el SAR, la fauna será ahuyentada en búsqueda de sitios que proporcionen alimentación, refugio y todo lo necesario de subsistencia.

Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución. El tránsito vehicular a velocidades considerables (carreteras) y la presencia de líneas eléctricas energizadas (media y alta tensión) provocará efectos de colisión y de electrocución con el registro de mortalidades de individuos en diferentes proporciones, los grupos más afectados podrán ser los mamíferos mayores y las aves acuáticas.

Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto. Considerando que el hábitat se define como el lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal, entonces el

impacto al hábitat va a depender de la diversidad biológica que existe en la zona de estudio, por lo que el hábitat se verá directamente afectado por la pérdida de la cobertura vegetal afectando a la flora y haciendo que las especies emigren hacia otros lugares. Es importante no perder de vista que las nuevas condiciones que se generen con la implementación del proyecto, podrán ser atractivas para individuos de algunas especies de fauna, por lo que en algunos casos la fauna original podrá reincidir y ocupar nuevamente el sitio modificado o podría suscitarse el uso del área por nuevas especies de fauna.

Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales. Las cercas perimetrales de los parques fotovoltaicos, las carreteras y líneas de transmisión representa una barrera que afecta el desplazamiento natural de la fauna en el sistema ambiental. Por lo que debido a la presencia de estas barreras la fauna se ve obligada a modificar sus patrones naturales de desplazamiento.

Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto. La vegetación es; el conjunto de plantas que se desarrollan sobre el suelo, es fundamental en sostenimiento de la biodiversidad, captura de carbono, formación y protección del suelo, mitigación de daños por desastres naturales, regulación del ciclo del agua y del clima, mitigación del cambio climático, entre otros. Sin embargo, ya sea por cambios en el uso del suelo por el crecimiento urbano o de la frontera agrícola, o bien por la intensidad de actividades humanas como el pastoreo, extracción de madera y otras materias primas, una parte considerable de la vegetación original ha sido eliminada o alterada en gran parte del territorio.

Para determinar la magnitud de este impacto, se adoptó el indicador: “porcentaje de variación del valor de conservación de la unidad de vegetación presente en el sitio del proyecto”.

- Indicador: Superficie cubierta con vegetación natural en el AeP y Superficie cubierta con vegetación natural presentes en el SAR
- Descripción: La magnitud del impacto será determinada por la relación de la superficie cubierta con vegetación natural localizan en el sitio del proyecto y que es susceptible de CUSTF, comparado con la superficie cubierta con vegetación natural se reportaron en el SAR
- Expresión

$$I_{CUS} = \frac{VN_{ae}}{VN_{sar}}$$

Donde

I_{CUS} = Valor de cambio uso de suelo

VN_{ae} = Superficie cubierta con vegetación natural presente en el área de establecimiento del proyecto

VN_{sar} = Superficie cubierta con vegetación natural presente en el sistema ambiental regional.

El SAR, comprende una superficie de 45,210.66 ha donde, de acuerdo con la serie VI del INEGI, domina el uso de suelo agrícola que ocupa el 59.29 % de su superficie, en tanto que la vegetación forestal representada por el matorral crasicaule y el bosque de encino, en estado primario y secundario de vegetación en ambos casos, ocupan en conjunto tan sólo el 20.3% (9,169.0545 ha) de la superficie del SAR. En el caso del AeP el uso de suelo agrícola ocupa el 74.39% de la superficie y la vegetación forestal representada por el matorral crasicaule en estado primario y secundario ocupa 25.61% de la superficie del AeP

Con base en la superficie cubierta por vegetación forestal en el SAR y la superficie con cubierta forestal que se removerá en el AeP por las actividades del proyecto, se tiene que la magnitud del impacto es de 0.0090.

$$\frac{82.5586}{9,169.0545} = 0.0090$$

De forma particular el impacto de pérdida de cobertura vegetal podrá tomar magnitud de 0.0132 si únicamente se toma en cuenta la superficie cubierta por vegetación de matorral crasicaule presente en el SAR (6,270.0518 ha).

$$\frac{82.5586}{6,270.0518} = 0.0132$$

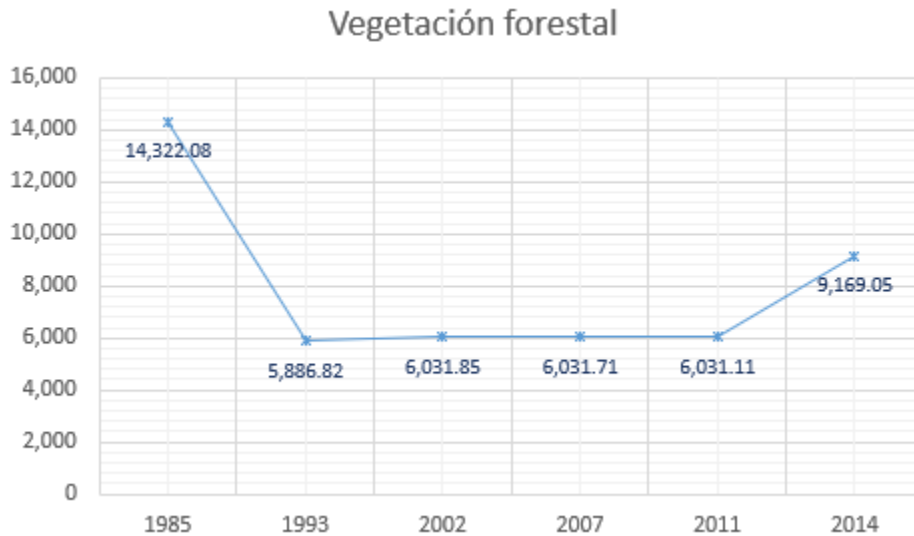
Como fue descrito en el capítulo IV del presente estudio, la vegetación presente dentro del SAR está compuesta por bosque de encino, matorral crasicaule, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule.

Se desarrolló un análisis para la vegetación registrada en el SAR utilizando las seis series de cobertura de uso de suelo y vegetación del INEGI. La Serie I data de 1985, Serie II de 1993, la Serie III data de 2002, la Serie IV de 2007, la Serie V data de 2011 y la Serie VI data de 2014.

Con base en la información recabada, se registra que en el SAR la vegetación forestal disminuyó el 59% de 1985 a 1993, posteriormente, de 1993 a 2011 se mantuvo casi estable, es decir no hubo ganancias y pérdidas de la superficie cubierta con vegetación forestal. Sin embargo, para el periodo de los años 2011 -2014 se mostró un ligero incremento de aproximadamente el 52%.

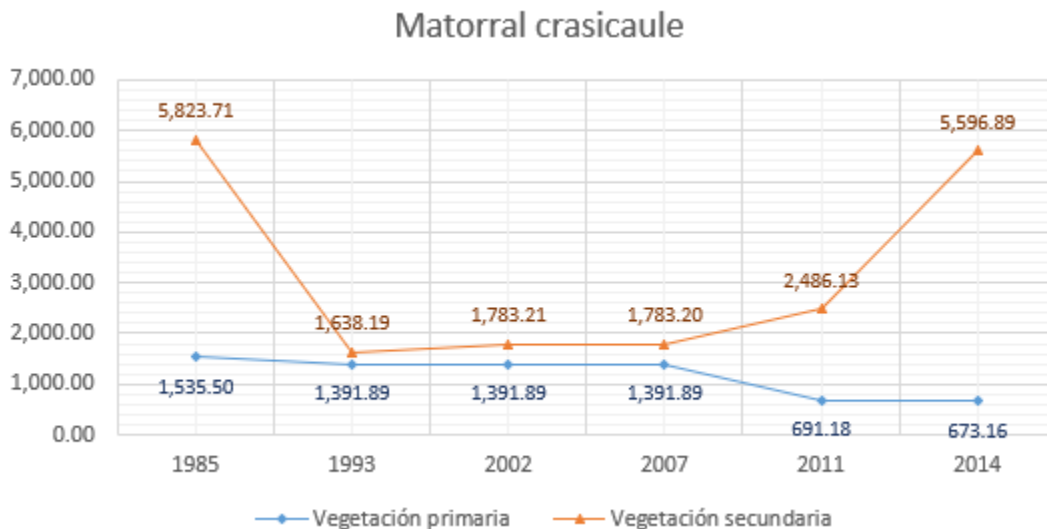
Del año 1985 a 2014 se perdieron 5,153.02 ha de vegetación forestal en el SAR.

Figura V.5 Superficie ocupada por vegetación forestal en función del tiempo.



En el caso particular de la vegetación de matorral crasicuale, la superficie ocupada por este tipo de vegetación en estado secundario ha ido en aumento durante los últimos años, en tanto que la vegetación en estado primario ha ido en decremento (Figura V.6).

Figura V.6 Superficie ocupada por vegetación de matorral crasicuale en función del tiempo.



Disminución local de los valores de la calidad paisajística. La calidad paisajística del SAR ha venido registrando diferentes grados de deterioro como consecuencia de la presencia humana; los proyectos incorporan nuevos elementos paisajísticos que, al menos, son diferentes a los elementos naturales lo que coadyuva a la fragmentación o a la pérdida de calidad del paisaje

V.2 Bibliografía

- 1 **SEMARNAT. DGIRA. 2002.** Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, Modalidad regional. México. 57 p.
- 2 **Sanz C., J.L. 1991.** Concepto de impacto ambiental y su evaluación. En: Evaluación y corrección de impactos ambientales. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España. 302 p
- 3 **Canter L. W. 1998.** Manual de evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Madrid: McGraw-Hill. 841 p.
- 4 **Conesa F., V. 1993.** Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante & Mundi-prensa. 276 p.
- 5 **SEMARNAT. DGIRA. 2002.** Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental, Modalidad regional. México. 57 p.
- 6 **Leopold, L.B. et. al. 1971.** A procedure for evaluating environmental impact, Circular 645, US Geological Survey, Washington, D.C.
- 7 **Gómez Orea, D. y Gómez Villarino M. T. 2013.** Tercera edición. Evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 745 p.
- 8 **Fierro K. 2009.** Aves migratorias en Colombia. En: Plan Nacional de las Especies Migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad colombiana. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & WWF Colombia. Naranjo, L.G. & Amaya-Espinel J.D. (Editores). Bogotá.
- 9 **Avian Power Line Interaction Committee (APLIC).2006.** Suggested Practices for Avian Protection on Power Lines: the State of The Art in 2006. Edison Electric Insitute, APLIC, and the California Energy Commission. Washington, D.C. and Sacramento, CA.
- 10 **Real academia española:** Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [junio 2020].
- 11 **Conesa F.V. 2010.** Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 4ª edición. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.
- 12 **Espinoza, G. 2001.** Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo. Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago de Chile.
- 13 **CEARC. 1988.** The assessment of cumulative effects. A research prospetus. Canadian Environment Reserach Council. Hull, Quebec, Canada
- 14 **Ramachandra, T.V., MD. Subash Ch., K.V. Gururaja andSreekantha. 2006.** Cumulative environmental impact assessment. Nova Science Publishers, Inc. New York, 371 pp.

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**

**CAPÍTULO VI. Estrategias para la
prevención y mitigación de
impactos ambientales,
acumulativos y residuales del
Sistema Ambiental Regional**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del Sistema Ambiental Regional 1

 VI.1 Objetivo 2

 VI.2 Impactos ambientales identificados 2

 VI.3 Proceso para mejorar y adoptar medidas..... 3

 VI.3.1 Clasificación de las medidas de mitigación 4

 VI.3.2 Criterios de evaluación y selección de las medidas de mitigación 7

 VI.4 Selección de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación 8

 VI.5 Diseño e integración de las estrategias 20

 VI.5.1 Descripción de las estrategias o sistema de medidas de mitigación 20

 VI.6 Ejecución de las medidas..... 31

 VI.7 Programa de Vigilancia Ambiental..... 32

 VI.8 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas..... 33

 VI.9 Bibliografía..... 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI.1 Impactos ambientales descritos en el capítulo V 3

Tabla VI.2 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 1 9

Tabla VI.3 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 2 11

Tabla VI.4 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 3 13

Tabla VI.5 Tabla de medidas de mitigación resultante 16

Tabla VI.6 Medidas de mitigación seleccionadas para el proyecto 19

Tabla VI.7 Descripción de la línea estratégica “Preservación de la calidad del agua” 21

Tabla VI.8 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones edáficas” 23

Tabla VI.9 Descripción de la línea estratégica “Conservación de los indicadores de biodiversidad” 25

Tabla VI.10 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones paisajísticas” 26

Tabla VI.11 Relación de los programas planteados, sus indicadores de éxito y resultados esperados 27

Tabla VI.12 Relación entre programas de ejecución y medidas particulares de aplicación 28

Tabla VI.13 Calendario de aplicación de medidas con base en las etapas del proyecto 31

Tabla VI.14 Estimación de la aplicación de recursos destinados a la prevención y mitigación 34

PÁGINA INTENCIONALMENTE SIN TEXTO

VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del Sistema Ambiental Regional

Como paso siguiente a la evaluación de los impactos ambientales que pudieran ser originados por el establecimiento y desarrollo de un proyecto específico, se deben planificar y elaborar un conjunto de acciones o medidas que estén orientadas a la prevención, anulación, reversibilidad y mitigación de los impactos ambientales significativos que se han identificado ya con anterioridad, es decir elaborar el planteamiento de estrategias de prevención y mitigación de impactos.

El planteamiento y establecimiento del conjunto de medidas de mitigación: protectoras, correctoras o compensatorias, consiste en proponer alternativas para el diseño del proyecto, mover de sitio, variaciones de tamaño ya sea del proyecto mismo o de su infraestructura o tipos de materiales. Finalmente cualquiera que sea la medida adoptada, su objetivo principal será:

- ✓ Evitar, disminuir, modificar, curar o compensar el efecto del proyecto en el medio ambiente.

Esto con la intención de aprovechar de forma óptima las oportunidades que brinda el medio ambiente, para que el proyecto tenga éxito de acuerdo al principio de integración ambiental que tiene como base la elaboración de esta MIA-R.

Atendiendo a lo anterior, la finalidad de este ejercicio es el proponer acciones que se integrarán en estrategias dirigidas a que los impactos ocasionados por el establecimiento del proyecto y su operación lleguen a niveles aceptables, así como compensar el daño mediante la generación de efectos positivos que sean equivalentes a los impactos de carácter negativo y residual.

Para alcanzar una concepción ambientalmente sustentable del proyecto, la identificación de las medidas específicas, se aborda mediante una valoración integral de distintas propuestas desde un enfoque de viabilidad ambiental, de factibilidad técnica y de factibilidad económico – financiera, el diseño de estas medidas se realizó abordando distintos elementos: ya sea atendiendo al agente causante del impacto para mejorar su comportamiento con el ambiente y en caso contrario atendiendo al medio receptor para aumentar su homeostasia y su resiliencia o para atenuar los efectos resultantes.

De acuerdo con lo que recomienda la guía¹ que pone a disposición la autoridad, en este apartado de la MIA-R las propuestas de acciones o medidas de atenuación, prevención, reversibilidad y compensación que conformarán las diversas estrategias que se enfocarán en atacar y reducir la relevancia de los impactos adversos que el proyecto pudiera ocasionar en el ambiente, haciendo énfasis en los significativos, residuales y acumulativos, por lo que para lograr lo anterior se debe elaborar un plan de manejo o vigilancia ambiental (ANX VIII.VI.1) en el cual se especifiquen las estrategias y se programen todas las medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir, eliminar, reducir y/o compensar los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales derivados del proyecto o del conjunto de proyectos en cada fase y etapa de su desarrollo, incluyendo la de abandono.

En el mismo sentido, un factor sustantivo es la consideración de acciones de monitoreo para garantizar el cumplimiento de las medidas que se definan y se propongan, la efectividad ambiental de las mismas, el seguimiento a la prevención, mitigación o compensación.

VI.1 Objetivo

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en el presente capítulo de forma específica se establece el siguiente objetivo:

- Plantear un conjunto de medidas y acciones, mediante el diseño de estrategias dirigidas a prevenir, anular, atenuar o compensar los impactos destacables que podría generar el proyecto en el ambiente, de modo que se asegure que los estándares de calidad ambiental se conservarán cercanos o iguales a los que se determinaron en el ambiente sin el proyecto (en el T₀ o línea base).

VI.2 Impactos ambientales identificados

Es necesario retomar la relación de los impactos ambientales identificados en el capítulo V de esta MIA-R, en la que se estima que los impactos negativos que generará el proyecto son 16, de los cuales 11 son destacables (Tabla VI.1), para llevar a cabo el proceso de selección de medidas o acciones y la elaboración de las estrategias que atiendan en su totalidad a los impactos de carácter negativo y así asegurar la sostenibilidad del proyecto.

Tabla VI.1 Impactos ambientales descritos en el capítulo V

Impactos definitivos		Destacables	No destacables
1	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	✓	
2	Disminución puntual de la infiltración		✓
3	Incremento temporal de partículas suspendidas		✓
4	Incremento temporal en los niveles de ruido.		✓
5	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	✓	
6	Modificación puntual del curso de escorrentías		✓
7	Incremento de la susceptibilidad de erosión	✓	
8	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	✓	
9	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado de la colisión y la electrocución	✓	
10	Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	✓	
11	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	✓	
12	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	✓	
13	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	✓	
14	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	✓	
15	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	✓	
16	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	✓	

VI.3 Proceso para mejorar y adoptar medidas

El proceso para la selección de las medidas que integraran las estrategias, se basó en la búsqueda de acciones que puedan prevenir, atenuar o compensar los distintos impactos ambientales, mediante la evaluación de su viabilidad, para lograrlo es necesario realizar:

- ✓ *Identificación de ideas/acciones:* a partir de la relación de impactos destacables que se identificaron en el capítulo V de esta MIA-R, se realizó una consulta a los expertos que participaron en el desarrollo de los distintos estudios que integraron la MIA, para elaborar un conjunto de posibles acciones para prevenir, anular, revertir, mitigar o compensar los impactos ambientales, generando un total de tres posibles listados cuyo análisis y valoración se detalla en los siguientes párrafos.
- ✓ *Depuración:* Se evaluaron y analizaron cada una de las propuestas, para identificar cuál de las posibilidades resulta más viable, mediante los criterios de eficiencia, viabilidad técnica y viabilidad económica.
- ✓ *Selección:* a partir de la depuración se identificaron y seleccionaron las medidas que satisficieron los tres criterios de valoración aplicados.
- ✓ *Integración:* las medidas de mitigación que van dirigidas a un mismo elemento del proyecto o a un factor ambiental se agruparon en estrategias que aseguren la viabilidad ambiental del proyecto.

- ☑ *Descripción:* se realizó una descripción detallada de cada una de las estrategias adoptadas y se establecieron lineamientos para definir su orientación, momento de aplicación y su ámbito entre otras cosas.

Una vez establecidas las estrategias con cada una de sus medidas o acciones, se prosiguió a la formulación e integración de un plan de manejo ambiental.

VI.3.1 Clasificación de las medidas de mitigación

Debido a sus características, las medidas de mitigación que se propondrán en este capítulo pueden clasificarse según su orientación, según su carácter, según la fase de desarrollo del proyecto, de acuerdo al número de impactos que atenderá, según el signo del impacto, según el tipo y gravedad del impacto.

a. De acuerdo a su orientación

En general las medidas se orientan a los tipos de impacto básicos que generará el proyecto, por lo que habrá medidas para:

- *Minimizar los insumos / influentes.*
- *Minimizar los efluentes:* con medidas como: evitar, reciclar, recuperar, reutilizar y, solo si lo anterior no es posible, se toma la medida de *tratar los efluentes*, al final para evitar problemas ambientales.

Para lograr cumplir con ambos objetivos existen tres opciones:

- *Modificar los procesos operativos:* ahorrar materias primas, agua y energía, así como reducir la cantidad de efluentes y mejorar su calidad.
- *Optimizar los procedimientos de operación y mantenimiento:* modificaciones en la organización y en las formas de operar; se trata de medidas rápidas, sencillas y de implantación poco costosas, por ejemplo, control de inventarios, mejora del transporte, optimización del almacenamiento y manipulación de materiales y trabajos de mantenimiento.
- *Cambiar la localización del proyecto o de alguno de sus elementos.* En ocasiones la prevención del impacto requiere un cambio del emplazamiento de algunos componentes del proyecto, de alguno de sus elementos o de los lugares de aprovisionamiento o de vertido.

Las primeras dos opciones se dirigen a los impactos de sobreexplotación y contaminación, mientras que la tercera está dirigida a los impactos significativos de ocupación.

b. Según su carácter

- *Protectoras*, son medidas que tienen la finalidad de proteger ecosistemas, paisajes o elementos valiosos evitando los impactos que puedan afectarles y actuando, fundamentalmente, sobre la localización de la obra o de sus partes; así, por ejemplo, se protege un ecosistema valioso afectado por el paso del vial interno, desplazando su trazado; pero también puede protegerse por cambios en la tecnología, en el tamaño, en el calendario de construcción o de operación, en el diseño, en los materiales de construcción o en las materias primas para la operación, en la mano de obra, etc.
- *Correctoras*, corrigen el proyecto para conseguir una mejor integración ambiental; para ello modifican el proceso productivo, introducen elementos no previstos: reducción de velocidad de los vehículos, normas de seguridad para reducir el riesgo de accidentes, actúan sobre la distribución de los elementos del proyecto: disposición de residuos resguardados de los vientos para evitar arrastres eólicos, a sotavento de la dirección dominante de los vientos, por ejemplo.
- *Curativas*, prevén la intervención sobre ciertos impactos una vez producidos, por ejemplo, recuperación de suelos contaminados, tratamientos de áreas afectadas, etc.
- *Potenciativas*, favorecen los procesos naturales de regeneración: por ejemplo, tratamientos fortalecedores de la vegetación, etc.
- *Compensatorias*, se refieren, propiamente, a los impactos negativos residuales los cuales no admiten una corrección, de tal manera que sólo pueden ser compensados por otros efectos de signo positivo. Estos pueden ser de la misma naturaleza que el impacto que se compensa, por ejemplo, plantar en otro lugar las especies vegetales destruidas, o completamente distintos: compensar económicamente a las personas afectadas por el proyecto.

c. Según las fases de desarrollo del proyecto

Las medidas pueden aplicarse en las distintas etapas de los estudios previos, anteproyecto y proyecto, así como durante las etapas de construcción, operación y abandono o desmantelamiento. Algunas medidas serán presupuestables, en cuyo caso deben integrarse en el seno del proyecto con sus correspondientes partidas presupuestarias a través del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) que se expone más adelante en este mismo capítulo.

Es importante señalar que la eficiencia de las medidas es mejor si se aplican durante las etapas tempranas del desarrollo, logrando así el evitar que se presenten

importantes impactos secundarios, resultando así más eficaces. Por lo que lo más conveniente es realizarlas, en la medida de lo posible, al mismo tiempo que la obra sustantiva.

d. En cuanto al número de factores o impactos a que se dirigen:

- *Monovalentes o específicas*: están dirigidas a un solo impacto, caso poco frecuente dada la condición de sistema del proyecto, del entorno y de la conjunción de ambos.
- *Polivalentes o que atienden a varios impactos a la vez*: esto es lo más común ya que corresponde al carácter interactuante de los factores ambientales. Las medidas protectoras y conservadoras del suelo protegen también la vegetación, las aguas, la fauna y el paisaje; la revegetación tiene efectos sobre el ruido, la erosión, el suelo, el paisaje, la fauna, las aguas, etc.
- *Sinérgicas*: se trata de cuando la acción combinada de varias medidas supera la suma de los efectos de cada una de ellas actuando aisladamente.

e. Atendiendo al signo del impacto:

- Dirigidas a *prevenir* o corregir los impactos negativos del proyecto, en los párrafos anteriores.
- Dirigidas a *mejorar* los efectos positivos o introducirlos cuando no los haya: por ejemplo, aprovechar una medida anti ruido para mejorar la situación preexistente, etc.
- Dirigidas a *aprovechar* mejor las oportunidades que ofrece el medio para el funcionamiento del proyecto.

f. Según el tipo y gravedad del impacto:

- *Obligatorias*, medidas que se aplican a impactos corregibles y ambientalmente inadmisibles.
- *Convenientes*, corresponden a impactos corregibles y ambientalmente admisibles.
- *“Enmiendas a la totalidad”*, se dirigen a los impactos ambientalmente inadmisibles, sin posibilidad de corregirlos, de modificarlos o de evitarlos, por lo que exigen una modificación en profundidad de todo él, derivándolo hacia otras alternativas.

g. En cuanto a su ámbito

- *Generales*: estas medidas se refieren al conjunto del espacio afectado y de las acciones de la obra, impactos genéricos, como

la retirada y conservación de tierras vegetales, la revegetación, la construcción cuidadosa y limpia, etc.

- *Particulares:* se dirigen a impactos específicos en lugares concretos.

h. Atendiendo al objeto

Estas medidas se enfocan a adoptar el punto de vista del usuario del proyecto, evaluando los factores perjudiciales y potencializando los benéficos, mejorando las condiciones de seguridad, comodidad de funcionamiento, reducción de riesgos naturales, etc.

De acuerdo con lo anterior y con lo que dispone el reglamento de la LGEEPA en materia de EIA, a lo largo de este capítulo se presenta y describe el proceso de identificación, diseño y definición de las estrategias y las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, identificados en el capítulo V de esta MIA-R. Cabe mencionar, que para llevar a cabo el diseño de las mismas se consideró la información descrita en el capítulo II, la cual se refiere a la naturaleza del proyecto y de este modo se identificaron las acciones que pudieran generar impactos ambientales sobre algún factor o sub factor ambiental en particular. De igual modo se consideró la caracterización y el diagnóstico de cada uno de los factores del ambiente identificados en el capítulo IV.

Las medidas o acciones que se identifican en el presente capítulo, se pueden clasificar en medidas preventivas o de mitigación de acuerdo a su importancia en la prevención y mitigación de los impactos ambientales, que de acuerdo con el artículo 3° del reglamento de la LGEEPA en materia de EIA se definen del siguiente modo:

- *Medidas Preventivas:* son las acciones que el promovente debe ejecutar para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.
- *Medidas de Mitigación:* conjunto de acciones que debe llevar a cabo el promovente para atenuar los impactos y lograr el restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causara con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

VI.3.2 Criterios de evaluación y selección de las medidas de mitigación

Al llevar a cabo la identificación y selección de las medidas se consideraron los siguientes criterios:

- Viabilidad técnica:* las medidas que se seleccionaron deben estar justificadas técnicamente y tener coherencia con los procesos constructivos, productivos del proyecto, con el requerimiento de

superficie, características de funcionamiento, necesidad de mantenimiento, implicaciones legales y administrativas, entre otras.

- ☑ *Eficacia y eficiencia ambiental*: se evalúa la capacidad que tiene la medida para abarcar y lograr los objetivos planteados que se pretenden, incluye el impacto residual y el de la propia medida; en tanto la eficiencia se refiere a la relación existente entre los objetivos que consigue y los medios necesarios para conseguirlos.
- ☑ *Viabilidad económica y financiera*: la viabilidad económica se refiere a la relación entre costes y beneficios económicos de las medidas, mientras la financiera evalúa la coherencia entre el coste de la medida y las posibilidades presupuestarias del promotor.
- ☑ *Facilidad de implantación, mantenimiento, seguimiento y control*: en la medida de lo posible, las medidas deben ser fáciles de realizar, conservar y controlar para garantizar su ejecución.

Los criterios anteriormente descritos resultaron fundamentales para la selección de las medidas de mitigación, de las que fueron propuestas por los diferentes profesionales que participaron en el estudio.

VI.4 Selección de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación

Las medidas que se seleccionaron están dirigidas a atender los efectos que podrían derivar de cada uno de los 11 impactos negativos con potencial manifestación en el SAR e identificados en el capítulo V (Tabla VI.1). Para lograr concretar las medidas de mitigación se aplicó el análisis de selección basado en diferentes criterios descritos en la sección anterior.

Con esta relación de impactos se identificó un conjunto de alternativas de medidas de prevención, mitigación y/o compensación, sin más límite que la lógica de cada planteamiento.

El análisis anterior fue realizado con el trabajo en conjunto con los especialistas que participaron en todas las actividades técnicas de la MIA-R. El grupo fue analizando cada impacto y discutiendo las posibilidades de reconocimiento de medidas que ayudaran a prevenir, mitigar y/o compensar el efecto negativo o potencializar el efecto positivo de cada impacto, mismas que se nombraron como “medidas particulares”.

De esta forma, se integraron tres juegos de medidas posibles de aplicar y, en consecuencia, se desecharon aquellas otras que evidenciaron incongruencia o falta de vinculación con el impacto que se pretendía enfrentar. El resultado alcanzado se detalla en la Tabla VI.2 a Tabla VI.4 y en la Tabla VI.5 se presentan las medidas seleccionadas por ser aquellas que satisfacen los cuatro criterios anteriormente señalados

Tabla VI.2 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 1

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
Agua	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	1		Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
				Restauración agrológica de áreas abandonadas	SI	NO	NO	NO	NO
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	2		Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI
				Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico	SI	SI	SI	SI	SI
				Trasladar a talleres acreditados y especializados la maquinaria y vehículos para reparaciones y mantenimiento	SI	NO	NO	NO	NO
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión	3		Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Desarrollar técnicas de descompactación en sitios afectados	SI	SI	NO	NO	NO
				Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	SI	SI	SI	SI	SI
				Humedecer las áreas de trabajo con la finalidad de promover la compactación del suelo	SI	SI	SI	SI	SI
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	4		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución	5		Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Número	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
			Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
					Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	SI	SI	SI	SI	SI
	Perdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto	6			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	7			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	8			Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
					Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
Flora	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	9			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
					Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	10			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
					Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
					La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	11			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
					Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	SI	SI	SI	SI	SI
Infraestructura	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	12			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
					En los cruces del proyecto con el gasoducto construir puentes elevados	SI	NO	NO	NO	NO
					El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
					Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promotora deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla VI.3 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 2

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
Agua	Alteración de la calidad del agua por posible 1 derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos			Conformar una brigada que este monitoreando que no haya derrames, así como el manejo adecuado de residuos	SI	NO	NO	NO	NO
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por posible 2 derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos			Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
				Todo el parque vehicular deberá contar con la verificación vehicular correspondiente	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
				En caso de un posible derrame, restaurar el sitio mediante prácticas eficientes	SI	SI	NO	NO	NO
				Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico	SI	SI	SI	SI	SI
		Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos	SI	SI	SI	SI	SI		

Factor	Impacto ambiental	Tipo	Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
				Residual	Acumulativo	Técnico	Eficiencia	Económico
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión	3	Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Ejecución de obras de protección de suelos	SI	SI	SI	SI	SI
			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	SI	SI	SI	SI	SI
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área de establecimiento del proyecto	4	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución	5	Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	SI	SI	SI	SI	SI
			Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	SI	SI	SI	SI	SI
			Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"	SI	SI	SI	SI	SI
	Perdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto	6	Fomento de áreas de atracción de fauna alejadas del proyecto	SI	NO	SI	NO	NO
	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	7	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	8	Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	SI	SI	SI	SI	SI
Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto			SI	SI	SI	SI	SI	
Flora	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	9	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	10	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
			La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Tipo	Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
				Residual	Acumulativo	Técnico	Eficiencia	Económico
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística. 11		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	SI	SI	SI	SI	SI
			Restauración de las áreas intervenidas	SI	NO	NO	NO	NO
Infraestructura	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2) 12		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
			Cambiar la ubicación del proyecto a un área alejada de gasoducto	NO	SI	NO	NO	NO
			El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
			Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promovente deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla VI.4 Valoración de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación de la Alternativa 3

Factor	Impacto ambiental	Tipo	Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
				Residual	Acumulativo	Técnico	Eficiencia	Económico
Agua	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos 1		Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit anti derrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
			El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
			Otorgar incentivos que sean atractivos a los trabajadores por el correcto manejo de residuos	SI	SI	NO	NO	NO
			Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
			Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o 2		Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Tipo	Criterios de viabilidad								
			Residual	Acumulativo	Medida propuesta	Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección	
	sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos				kit anti derrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.						
					El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizaran protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión	3			Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Pastización de áreas degradadas	SI	SI	NO	NO	NO	NO
					Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área 4 establecimiento del proyecto				Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución	5			Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI	SI
					Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
				Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"	SI	SI	SI	SI	SI
	Perdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto	6		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	7		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	8		Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
Flora	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	9		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	10		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
				Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	SI	SI	SI	SI	SI
				La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	11		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	SI	SI	SI	SI	SI
				Limpieza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
Infraestructura	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	2		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
				Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promotora deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla VI.5 Tabla de medidas de mitigación resultante

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
Agua	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos 1			Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos 2			Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	SI	SI	SI	SI	SI
				Programa de manejo integral de residuos	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	SI	SI	SI	SI	SI

Factor	Impacto ambiental	Residual	Acumulativo	Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
					Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
				<p>Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico</p> <p>Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos</p>	SI	SI	SI	SI	SI
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión	3		Conformación de canaletas a un costado de las vialidades del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Ejecución de obras de protección de suelos	SI	SI	SI	SI	SI
				Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	SI	SI	SI	SI	SI
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área de establecimiento del proyecto	4		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución	5		Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	SI	SI	SI	SI	SI
				Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre	SI	SI	SI	SI	SI
				Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"	SI	SI	SI	SI	SI
	Perdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto	6		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	7		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	8		Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre	SI	SI	SI	SI	SI
Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto				SI	SI	SI	SI	SI	

Factor	Impacto ambiental	Tipo		Medida propuesta	Criterios de viabilidad				
		Residual	Acumulativo		Técnico	Eficiencia	Económico	Factibilidad	Selección
Flora	Pérdida de cobertura vegetal en el área de 9 establecimiento del proyecto	9		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	SI	SI	SI	SI	SI
Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	SI	SI	SI	SI	SI	SI			
	La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones			SI	SI	SI	SI	SI	
				SI	SI	SI	SI	SI	
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	11		Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	SI	SI	SI	SI	SI
				Limpieza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
Infraestructura	Posible afectación al ducto existente en los 2 cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)			Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	SI	SI	SI	SI	SI
				El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	SI	SI	SI	SI	SI
				Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promotora deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	SI	SI	SI	SI	SI

El proceso de depuración seguido, aunque exhaustivo, ayuda a concentrar una serie de medidas de mitigación que se integraron en el PVA que se incluye en el capítulo VIII de la presente MIA-R como ANX.VIII.VI.1.

Las medidas fueron analizadas según el alcance que se detectaba para cada una de ellas y, se agruparon en un conjunto más reducido que muestra el carácter polivalente de muchas de ellas, concluyendo en un conjunto de 26 medidas, definidas en esta MIA-R como medidas de aplicación obligatoria (Tabla VI.6).

Tabla VI.6 Medidas de mitigación seleccionadas para el proyecto

Nº	Medidas	Impactos que atienden
1	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12
2	Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	1, 2
3	Todo el parque vehicular deberá contar con la verificación correspondiente	2
4	El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	1, 2, 12
5	Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	1, 2
6	Programa de manejo integral de residuos	1, 2
7	Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	1, 2
8	Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico	2
9	Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos	2
10	Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto	3
11	Ejecución de obras de protección de suelos	3
12	Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	3
13	Humedecer las áreas de trabajo con la finalidad de promover la compactación del suelo	3
14	Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	5
15	Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	5
16	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre	5, 8
17	Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"	5
18	La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	7
19	Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	8
20	Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto	8
21	Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	9
22	La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones	10
23	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	10,12
24	Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	11
25	Limpieza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto	11
26	Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promotora deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	12

VI.5 Diseño e integración de las estrategias

Al concluir el análisis de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación aplicables al proyecto, éstas se agruparon de acuerdo a lineamientos de acción y al factor en el que inciden los impactos ambientales, los cuales se orientan a alcanzar un objetivo en específico, dando como resultado estrategias^{II} que agrupan las medidas de mitigación, las cuales son:

- Preservación de la calidad del agua;
- Conservación de las condiciones edáficas;
- Conservación de los indicadores de biodiversidad;
- Conservación de las condiciones paisajísticas.

VI.5.1 Descripción de las estrategias o sistema de medidas de mitigación

Al concluir el análisis de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación aplicables al proyecto, éstas se agruparon de acuerdo a lineamientos de acción y al factor en el que inciden los impactos ambientales, los cuales se orientan a alcanzar un objetivo en específico, dando como resultado estrategias que agrupan las medidas de mitigación.

Basándose en este ejercicio, se describen a continuación las estrategias de mitigación que se aplicarán para atenuar, disminuir o mitigar el efecto de los impactos ambientales negativos.

La descripción que se presenta sigue un esquema en el cual los impactos se agrupan por la incidencia hacia determinado factor y subfactor del ambiente y por la etapa del proyecto en la cual se prevé pudieran registrarse los impactos destacables. En cada estrategia se incluyen las medidas orientadas a atender los impactos correspondientes.

De igual forma se citan los diferentes impactos objetivo que las diversas medidas se orientan a prevenir, evitar, regular, mitigar o compensar y, en cada caso se detalla el período de aplicación que se compromete para alcanzar los resultados esperados, mismos que habrán de ser reportados en los informes de seguimiento ambiental.

Preservación de la calidad del agua

El objetivo principal de esta estrategia es mantener la calidad del agua, mediante buenas prácticas durante la construcción y el manejo adecuado de residuos. Principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se aplicarán las medidas contenidas en esta estrategia, considerando que las afectaciones se encuentran relacionadas con el manejo adecuado de residuos, el mantenimiento vehicular, de maquinaria y equipo y el diseño del proyecto. Las aguas residuales que serán generadas durante la etapa de

^{II} Serie de acciones previamente analizadas, encaminadas hacia un fin determinado. RAE: Es un concepto regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento.

construcción serán provenientes de los sanitarios portátiles: el mantenimiento y limpieza estará a cargo de una empresa autorizada, la cual deberá disponer las aguas negras de manera adecuada.

Asimismo, la disposición final de los paneles solares que se dañaron durante el traslado al AeP o presentan averías y que no serán colocados, además de aquellos que sean reemplazados, serán a través de una empresa debidamente certificada para su manejo, reciclaje o disposición, tal como se especifica en el Programa de manejo integral de residuos (ANX VIII.VI.4).

Tabla VI.7 Descripción de la línea estratégica “Preservación de la calidad del agua”

Estrategia 1	Preservación de la calidad del agua				
Impacto que atiende:	<ul style="list-style-type: none"> Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos Modificación puntual del curso de escorrentías 				
Factor ambiental:	Agua	Subfactor Ambiental:		Calidad	
Fase de ejecución:	PS	C	OyM	A	x
Descripción de la estrategia:	Esta estrategia se encuentra encaminada a la “Conservación de la calidad hidrológica en el AeP”, debido a que el impacto ambiental identificado pudiera alterar la calidad debido a derrames potenciales de hidrocarburos o mal manejo de residuos. Para lo cual se plantean las medidas propuestas.				
Medida (M): Periodo de aplicación (A):	M	Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles			
	A	Durante la preparación del sitio y construcción			
	M	El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante			
	A	Durante la preparación del sitio y construcción			
	M	Programa de manejo integral de residuos			
	A	Durante todas las fases del proyecto, aunque el plan tendrá actividades específicas durante la construcción, las cuales serán diferentes durante la operación			
	M	Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos			
	A	Durante la preparación del sitio y construcción			
	M	Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto			
A	Durante la preparación del sitio y construcción				
Viabilidad:	No enfrenta ninguna limitación de tipo técnico, puesto que se han considerado todos los procesos del proyecto que podrían ocasionar afectaciones.				
Eficacia:	La ejecución de esta medida asegura su eficacia y la eficiencia, toda vez que incide en la actuación de todo el personal participante.				
Eficiencia ambiental:	La ejecución permitirá minimizar los posibles impactos de afectación que se puedan originar por el desarrollo del proyecto, permitiendo que el recurso hídrico mantenga su calidad en el ecosistema.				
Supervisión:	La supervisión de esta estrategia estará dada por el personal asignado, quien podrá reportar la implementación de las medidas que integran esta estrategia a través de los resultados del plan de manejo de residuos, de las bitácoras, los manifiestos de entrega/recepción, las autorizaciones de las empresas subcontratadas para el mantenimiento de los sanitarios portátiles, principalmente.				

Conservación de las condiciones edáficas

Durante la identificación de los impactos ambientales que podrán ser generados por el desarrollo del proyecto, se determinaron tres relacionados con el factor edáfico, debido a la remoción de vegetación, el tránsito vehicular, de personal o de maquinaria, modificación de las características físicas e incremento en la susceptibilidad de erosión; por lo que, se identificaron once medidas encaminadas a evitar, disminuir o compensar estas alteraciones durante la preparación del sitio, construcción y operación del proyecto.

En esta estrategia se incluyen las medidas que evitarán afectaciones a las zonas adyacentes, el uso del suelo orgánico que sea extraído durante el despalme en el mejoramiento de áreas erosionadas; además, con la implementación del Programa de manejo integral de residuos (PMIR; anexo VIII.VI.4), se prevé mantener la calidad del suelo, evitando la contaminación por descargas de aguas residuales, manejo inadecuado de residuos, traslado y disposición final de éstos, poniendo énfasis a los residuos peligrosos.

El suelo orgánico que sea extraído durante el despalme, se prevé sea acopiado en áreas delimitadas que fungirán como almacenes temporales. Estas áreas serán determinadas dependiendo del volumen de suelo recuperado en cada frente de trabajo y se encontrarán dentro del AeP, evitando ocasionar afectaciones a las zonas aledañas al proyecto y a los remantes de vegetación que existen. Asimismo, el suelo orgánico recuperado podrá ser utilizado durante las actividades de reubicación de la planta rescatada o bien para mejorar los suelos de las parcelas agrícolas que se encuentren en las inmediaciones del AeP.

En todo momento y durante todas las etapas del proyecto, para el traslado y disposición final de residuos peligrosos se hará a través de una empresa que cuente con la debida acreditación y autorización para el manejo y disposición de este tipo de materiales.

Para evitar incidentes relacionados con vertidos de grasas, aceites o hidrocarburos por falta de mantenimiento de vehículos, equipo o maquinaria, se deberá verificar que éstos estén en condiciones óptimas; además, las reparaciones se realizarán tomando las precauciones necesarias que eviten derrames en el suelo. Ante la eventualidad de tener que realizar alguna reparación de emergencia o uso de hidrocarburos, los operadores de maquinaria o vehículos contarán con un kit antiderrame.

Asimismo, con la finalidad de evitar la alteración de las propiedades del suelo por sustancias provenientes de los paneles solares dañados, éstos serán almacenados de forma temporal en un área específica donde el agua de lluvia no los alcance y puedan formarse lixiviados; aunado a que, para su disposición final, será a través de una empresa debidamente acreditada y con los permisos correspondientes.

Para evitar las descargas de aguas residuales e impedir que estas causen afectaciones al suelo, se colocaran sanitarios portátiles en los frentes de trabajo, su

mantenimiento estará a cargo de empresas acreditadas, quienes se encargaran del traslado y disposición final de los residuos.

Así, esta estrategia agrupará once medidas polivalentes específicas para atender total o parcialmente tres impactos destacables (Tabla VII.8).

Tabla VI.8 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones edáficas”

Estrategia 2		Conservación de las condiciones edáficas							
Impacto que atiende:	<ul style="list-style-type: none"> Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos. Incremento de la susceptibilidad de erosión. Modificación del uso de suelo. 								
Factor Ambiental:	Suelo Procesos del medio inerte	Subfactor Ambiental:			Calidad, erosión, Agricultura y vegetación natural				
Descripción de la estrategia:	Los impactos relacionados con la calidad, la susceptibilidad de erosión y las áreas destinadas a la agricultura y que aún cuentan con vegetación forestal pueden provocar una inestabilidad en los suelos, situación que puede afectar a otros componentes ambientales, por lo que las medidas propuestas se enfocan a evitar estas alteraciones durante la preparación del sitio, construcción y operación, de tal forma que las características edáficas se mantengan lo más similar posible que en el TO.								
Fase de ejecución:	PS	x	C	x	OyM	x	A	x	
Medida (M): Periodo de aplicación (A):	M	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto							
	A	En los primeros días de la etapa de preparación del sitio							
	M	Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles							
	A	Principalmente durante la fase de construcción del proyecto, aunque durante la fase operativa se continuará con esta medida							
	M	El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante							
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto							
	M	Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre							
	A	Durante la etapa de preparación del sitio y construcción							
	M	Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran							
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto							
	M	Implementación del Programa de manejo integral de residuos							
	A	Durante todas las fases del proyecto, aunque el plan tendrá actividades específicas durante la construcción, las cuales serán diferentes durante la operación							
	M	Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos							
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto							
M	Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico								
A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto								
M	Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite								

Estrategia 2	Conservación de las condiciones edáficas	
		con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto
	M	Ejecución de obras de protección de suelos
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto
	M	Todo el parque vehicular deberá contar con la verificación correspondiente
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto
	M	Humedecer las áreas de trabajo con la finalidad de minimizar la concentración de partículas suspendidas
	A	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto
Viabilidad:	No enfrenta limitaciones técnicas, al contemplar el total de las áreas de afectación del proyecto.	
Eficacia:	Estas medidas, al ser aplicadas correctamente son altamente eficaces y eficientes e involucra a todo el personal.	
Eficiencia ambiental	La ejecución permitirá minimizar los posibles impactos de afectación que se puedan originar por el desarrollo del proyecto, permitiendo que el recurso edáfico mantenga su estabilidad en el ecosistema.	
Supervisión	La promotora designará al personal responsable de dar seguimiento a las medidas planteadas en la presente estrategia, siendo incluidos los resultados en los informes periódicos que se entregaran a la autoridad durante las fases de preparación de sitio y construcción.	

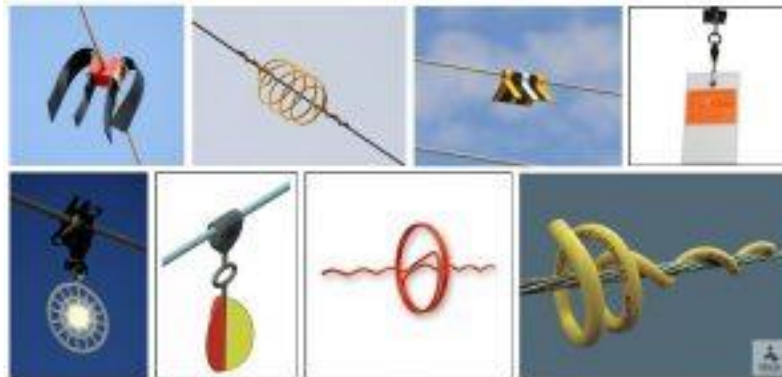
Conservación de los indicadores de biodiversidad

Esta estrategia fue determinada considerando los impactos ambientales identificados que pudieran afectar los valores de diversidad vegetal y de fauna, ya sea de forma directa sobre los individuos de algunas de las especies presentes en el área de establecimiento del proyecto, alterando consigo los valores de abundancia e índices de diversidad.

Se prevé la instalación de señalización que regulen los límites de velocidad, no solo dentro del AeP, sino en las vías alternas, aunado a que, por políticas de cada contratista, se deberá concientizar al personal de obra sobre la importancia de cuidar la flora y fauna silvestre, dentro y fuera de las áreas de trabajo, además de la importancia de no circular en áreas fuera de las vialidades.

Se conformarán un par de brigadas encargadas de realizar las actividades de rescate y reubicación de flora y fauna, siguiendo los lineamientos establecidos en cada uno de los programas propuestos (ANX VIII.VI.5 y ANX VIII.VI.6). Asimismo, se prevé la instalación de salvapájaros en los cables de la línea de transmisión, elementos que incrementaran la visibilidad del cableado y reducirá las colisiones potenciales de aves con estos elementos (Figura VI.1). Los salvapájaros se recomienda sean colocados entre cada 5 y 7 metros, dependiendo del tipo de sistema que se decida ocupar.

Figura VI.1 Sistemas de colisión en tendidos eléctricos



Para ello se diseñaron e integraron diez medidas de mitigación, cuatro de ellas inciden directamente sobre el factor vegetación y ocho sobre la fauna.

Tabla VI.9 Descripción de la línea estratégica “Conservación de los indicadores de biodiversidad”

Estrategia 3		Conservación de los indicadores de biodiversidad							
Impacto que atiende:	<ul style="list-style-type: none"> Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución Pérdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo Pérdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo 								
Factor	Fauna Vegetación			Subfactor		Riqueza y Abundancia Hábitat Desplazamiento Endemismo y especies en riesgo			
Fase de ejecución:	PS	x	C	x	OyM		A	x	
Descripción de la estrategia:	La estrategia está diseñada para mantener las condiciones adecuadas para la conservación de los valores de diversidad faunística y florística que podrían verse alterados a causa de los impactos ambientales identificados para estos factores.								
Medida: M Periodo de aplicación: A	M	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto							
	A	Durante las etapas de preparación y construcción del sitio							
	M	Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto							
	A	Se colocarán durante la preparación de sitio y construcción, aunque se les brindará mantenimiento y seguimiento durante la operación							
	M	Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto							
	A	Durante la fase de preparación y construcción del proyecto.							
	M	Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto							
	A	Durante todas las fases del proyecto							
M	Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna								

Estrategia 3		Conservación de los indicadores de biodiversidad	
	A	Se colocarán durante la preparación de sitio y construcción, aunque se les brindará mantenimiento y seguimiento durante la operación	
	M	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre	
	A	Durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.	
	M	La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	
	A	Durante la preparación del sitio y construcción	
	M	Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados “salvapájaros”	
	A	Durante la construcción y operación del proyecto	
	M	Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	
	A	El inicio de su ejecución se plantea una vez que inicien los trabajos de preparación del sitio	
	M	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	
A	Durante la preparación del sitio y construcción		
Viabilidad	No enfrenta ninguna limitación de tipo técnico, puesto que se han considerado las diferentes etapas de ejecución, así como las acciones respectivas, y todas ellas presentan valores de viabilidad.		
Eficacia	La ejecución de este tipo de medidas asegura su eficacia y la eficiencia, toda vez que incide en la actuación antes y durante de los efectos de los impactos ambientales referidos.		
Eficiencia ambiental	La ejecución de la estrategia permitirá minimizar cada uno de los impactos ambientales descritos en esta cédula, recuperando poco a poco las características ambientales descritas para el TO.		
Supervisión	El supervisor ambiental será el encargado de inspeccionar que se apliquen de forma correcta las medidas planteadas y contenidas en la presente estrategia, quien, además, deberá reportar si existen afectaciones que no fueron previstas inicialmente y proponer nuevas medidas que minimicen o compensen las afectaciones.		

Conservación de las condiciones paisajísticas

La estrategia número 4 está encaminada a la “Conservación de las condiciones paisajísticas”, debido a que se ha encontrado que uno de los impactos ambientales identificados pudiera afectar dicho factor, ya sea por afectación directa sobre algunos elementos clave del paisaje, trastornando consigo las características en el tiempo cero. La estrategia está formada por 3 medidas de prevención, mitigación y compensación.

Tabla VI.10 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones paisajísticas”

Estrategia 4		Conservación de las condiciones paisajísticas					
Impacto que atiende:	• Disminución local de los valores de la calidad paisajística						
Facto	Paisaje		Subfactor		Calidad paisajística Conectividad		
Fase de ejecución:	PS	x	C	x	OyM	A	x
Descripción de la estrategia:	La estrategia descrita en esta cédula, está diseñada para el mantenimiento de las condiciones paisajísticas, toda vez que este factor puede verse afectado por un impacto ambiental identificado. En este sentido, la estrategia aquí abordada se compone de tres diferentes						

Estrategia 4		Conservación de las condiciones paisajísticas
		medidas compensatorias y de control.
Medida: M Periodo de aplicación: A	M	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto
	A	Durante las etapas de construcción y operación
	M	Limpieza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto
	A	Una vez terminada la etapa de construcción
	M	Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio
	A	Durante las etapas de preparación y construcción del sitio
Viabilidad	No enfrenta ninguna limitación de tipo técnico, puesto que se han considerado las diferentes etapas de ejecución, así como las acciones respectivas, y todas ellas presentan valores de viabilidad.	
Eficacia	La ejecución de este tipo de medidas asegura su eficacia y la eficiencia, toda vez que incide en la actuación durante de los efectos de los impactos ambientales referidos.	
Eficiencia ambiental	La ejecución de la estrategia permitirá compensar cada uno de los impactos ambientales descritos en esta cédula.	
Supervisión	Esta estrategia involucra la participación de todo el personal, desde el promovente, el equipo de ingenieros civiles, los trabajadores y encargados ambientales; quienes estarán a cargo de supervisar que las medidas aquí propuestas, sean aplicadas.	

Retomando la información precedente, como parte de las medidas propuestas se plantearon los lineamientos de cinco programas específicos (enunciados en su estrategia correspondiente), los cuales son:

- 1) Programa de información y capacitación ambiental (ANX VIII.VI.2).
- 2) Programa de conservación y restauración de suelos (ANX VIII.VI. 3).
- 3) Programa de manejo integral de residuos (ANX VIII.VI. 4).
- 4) Programa de rescate y reubicación de flora silvestre (ANX VIII.VI.5).
- 5) Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre (ANX VIII.VI.6).

Los programas formaran parte del Programa de vigilancia ambiental (PVA); los resultados esperados, así como los indicadores de éxito de estos programas (Tabla VI.11) están en función del factor objetivo de aplicación, por lo que los indicadores pueden o no ser cuantificables.

Tabla VI.11 Relación de los programas planteados, sus indicadores de éxito y resultados esperados

Programa	Indicador	Resultados esperados
Programa de información y capacitación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ° Número de empleados capacitados ° Número de reportes de no conformidad por negligencia de las cuadrillas 	Se espera que todo el personal involucrado en las distintas etapas del proyecto, sea capacitado, con la finalidad de no causar afectaciones a los factores ambientales por la presencia de personal, maquinaria y vehículos.
Programa de conservación y restauración de suelos	<ul style="list-style-type: none"> ° Número de obras propuestas y las realizadas ° Manejo de suelos: superficie afectada y autorizada 	Con la aplicación de este programa se espera, por un lado, el mantener las condiciones de la capa edáfica presente en el AeP y, por el otro, implementar obras que detengan los procesos erosivos previstos en el área.

Programa	Indicador	Resultados esperados
	° Relación de acciones propuestas y realizadas	
Programa de manejo integral de residuos	<ul style="list-style-type: none"> ° Bitácoras de residuos ° Manifiestos de traslado y disposición final ° Reportes negativos por mal manejo y disposición de residuos dentro del AeP ° Volúmenes de residuos generados y evidencia de manejo y disposición final ° Correcta aplicación de las medidas ante contingencias por derrames accidentales 	<p>Con la aplicación del presente programa se pretende tener un control del 95% de los residuos generados por las obras que contempla el proyecto.</p> <p>Además de un manejo adecuado a cada uno de los residuos producidos, mediante la clasificación y un resguardo adecuado.</p> <p>En caso de derrames accidentales, correcta aplicación de las medidas propuestas.</p>
Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	Sobrevivencia de los ejemplares reubicados al cabo de 6 meses	<p>Se espera reubicar a individuos clave de las especies vulnerables de lento crecimiento y que tengan importancia por sus características bióticas; se busca minimizar el daño a las poblaciones presentes en el sitio al asegurar la supervivencia de los organismos reubicados.</p> <p>Elevar al máximo el porcentaje de sobrevivencia de los organismos reubicados, evitando causar daño excesivo durante el trasplante.</p>
Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre	Sobrevivencia al 100% de los ejemplares capturados y reubicados	Se espera no causar afectaciones a individuos de fauna presentes en el AeP, a través del rescate y reubicación a zonas fuera de la construcción; lo cual será reforzado mediante la concientización ambiental de los trabajadores.

La relación de los programas con el impacto y la medida particular que atiende se enlista en la Tabla VI.12, agrupado por factor ambiental de incidencia.

Tabla VI.12 Relación entre programas de ejecución y medidas particulares de aplicación

Factor de incidencia	Impacto ambiental	Medidas particulares aplicables	Programa
Agua	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	<p>Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.</p> <hr/> <p>El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.</p> <hr/> <p>Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.</p> <hr/> <p>Programa de manejo integral de residuos</p> <hr/> <p>Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre</p>	Programa de información y capacitación ambiental Programa de manejo integral de residuos

Factor de incidencia	Impacto ambiental	Medidas particulares aplicables	Programa
		estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	
Suelo	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	<p>Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.</p> <p>El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.</p> <p>Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.</p> <p>Programa de manejo integral de residuos</p> <p>Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada y se tenga la incertidumbre o certeza de estar averiada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos</p> <p>Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico</p> <p>Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos</p> <p>Todo el parque vehicular deberá contar con la verificación correspondiente</p>	Programa de información y capacitación ambiental Programa de manejo integral de residuos
Procesos del medio inerte	Incremento de la susceptibilidad de erosión	<p>Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto</p> <p>Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto</p> <p>Ejecución de obras de protección de suelos</p> <p>Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran</p> <p>Humedecer las áreas de trabajo con la finalidad de minimizar la concentración de partículas suspendidas</p>	Programa de conservación y restauración de suelos
Fauna	Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre

Factor de incidencia	Impacto ambiental	Medidas particulares aplicables	Programa
			Programa de conservación y restauración de suelos
	Incremento en la tasa de mortalidad derivada del atropellamiento, la colisión y la electrocución	<p>Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto</p> <p>Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre</p> <p>Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna</p> <p>Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"</p>	<p>Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre</p> <p>Programa de información y capacitación ambiental</p> <p>Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre</p>
	Perdida de sitios que ocupa la fauna en el área de establecimiento del proyecto	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre
	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	<p>Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto</p> <p>La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones</p>	<p>Programa de conservación y restauración de suelos</p> <p>Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre</p> <p>Programa de información y capacitación ambiental</p>
	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	<p>Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre</p> <p>Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto</p> <p>Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto</p>	<p>Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre</p> <p>Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre</p>
Flora	Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	<p>Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto</p> <p>Implementar acciones de rescate y reubicación de flora</p>	<p>Programa de rescate y reubicación de flora silvestre</p> <p>Programa de información y capacitación ambiental</p>
	Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	<p>Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto</p> <p>La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones</p> <p>Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre</p>	
Paisaje	Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	<p>Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio</p> <p>Limpeza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto</p> <p>Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto</p>	<p>Programa de información y capacitación ambiental</p> <p>Programa de manejo integral de residuos</p>
Infraestructura	Posible afectación al ducto existente en los cruces con el proyecto (camino 1 y camino 2)	Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para	Programa de información y capacitación ambiental

Factor de incidencia	Impacto ambiental	Medidas particulares aplicables	Programa
		solicitar las medidas que la promovente deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	

VI.6 Ejecución de las medidas

La atención de las diferentes medidas de mitigación particulares por fase o componente del proyecto no está definida en el tiempo puntualmente, sino que cada una de ellas iniciará una vez que se inicie la fase o componente que causa el impacto, salvo aquellas medidas que sean de prevención, las cuales iniciarán antes (Tabla VI.13).

Tabla VI.13 Calendario de aplicación de medidas con base en las etapas del proyecto

Nº	Medidas	Etapa			
		PS	C	OyM	A
1	Ajustarse al área autorizada para la construcción del proyecto	✓	✓		
2	Todos los vehículos y la maquinaria deberán portar un kit antiderrames y emplearlo tanto para la atención de emergencias mecánicas como durante la carga de combustibles.	✓	✓		✓
3	Todo el parque vehicular deberá contar con la verificación correspondiente	✓	✓		
4	El personal de obra deberá recibir información en temas de cuidado del agua, manejo de residuos, buenas prácticas durante la construcción, entre otros; a través de capacitación constante.	✓	✓	✓	✓
5	Colocar letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 25 trabajadores, para evitar eyecciones al aire libre.	✓	✓		✓
6	Programa de manejo integral de residuos	✓	✓	✓	✓
7	Colocar material plástico debajo de la maquinaria cuando se encuentre estacionada, con la finalidad de evitar derrames potenciales de hidrocarburos	✓	✓		✓
8	Todo el parque vehicular, maquinaria y equipos deberán ser sometidos a mantenimiento periódico	✓	✓		✓
9	Cuando se requiera realizar reparaciones o mantenimiento a la maquinaria o equipo y no se pueda trasladar a un taller especializado, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con una lona y aserrín, materiales que eviten el contacto de aceite con el suelo; el aserrín contaminado será canalizado al almacén de residuos peligrosos	✓	✓		✓
10	Conformación de canaletas a los costados de las vialidades del proyecto		✓		
11	Ejecución de obras de protección de suelos		✓		
12	Acopio del suelo orgánico para su empleo en mejoramiento de áreas que lo requieran	✓	✓		
13	Humedecer las áreas de trabajo con la finalidad de minimizar la concentración de partículas suspendidas	✓	✓		✓

Nº	Medidas	Etapa			
		PS	C	OyM	A
14	Instalación de letreros que regulen la velocidad máxima en las vialidades dentro y en las inmediaciones del proyecto	✓	✓	✓	
15	Colocar señalizaciones informativas y restrictivas para evitar afectaciones a la fauna	✓	✓		
16	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de fauna silvestre	✓	✓		
17	Colocación de elementos físicos que se instalan en los cables conductores o de tierra y que incrementan su visibilidad y/o estabilidad, comúnmente llamados "salvapájaros"			✓	
18	La remoción de la vegetación se realizará de forma gradual y manual para permitir el desplazamiento y evitar afectaciones	✓			
19	Aplicación de técnicas de rescate y reubicación de fauna en el área de establecimiento del proyecto	✓	✓		
20	Quedará prohibido introducir fauna doméstica, nociva y/o exótica al predio del proyecto	✓	✓	✓	✓
21	Implementar acciones de rescate y reubicación de flora	✓	✓		
22	La remoción de vegetación será realizada de forma gradual y manual para evitar afectaciones	✓			
23	Capacitación constante dirigida al personal de obra en temas de cuidado y protección de flora silvestre	✓	✓		✓
24	Evitar que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado dentro del predio	✓	✓	✓	✓
25	Limpieza del sitio una vez terminadas las obras del proyecto		✓		✓
26	Ponerse en contacto con el concesionario del gasoducto para solicitar las medidas que la promovente deberá observar y aplicar durante las diferentes etapas de proyecto en relación al ducto	✓	✓		

PS: Preparación del sitio, C: Construcción, OyM: Operación y mantenimiento, A: Abandono

VI.7 Programa de Vigilancia Ambiental

Para integrar las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como las obligaciones en materia ambiental que la autoridad atribuya a la empresa promovente, a través de los Términos y Condicionantes del oficio resolutivo que en su caso sea emitido, el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) es el instrumento idóneo para concentrar el seguimiento que habrá de darse a cada una de las medidas adoptadas en los tiempos de aplicación precisos para cada una. En este sentido, el PVA tiene como objetivo el plantear una serie de acciones e indicadores con la finalidad de garantizar el cumplimiento tanto de las medidas planteadas en este capítulo como de las obligaciones impuestas por la autoridad en materia.

Por lo anterior, **es importante destacar que el PVA en su versión actualizada será integrado y entregado a la autoridad competente, una vez autorizado el proyecto motivo de esta MIA-R**, de manera que puedan incorporarse las obligaciones impuestas junto con las medidas propuestas en este capítulo. Lo anterior, sobre los lineamientos presentados en el anexo VIII.VI.1.

En su versión final, el PVA conformará un documento de seguimiento y control que habrá de contener al conjunto de criterios técnicos que con base en la predicción elaborada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá al promovente realizar un seguimiento sistemático, tanto de los compromisos propuestos en esta MIA-R, como de las condiciones que la autoridad llegará a imponer en su autorización y de aquellas otras situaciones que fuese necesario atender derivadas de alteraciones que no fueron previstas, principalmente por la complejidad del comportamiento del factor evaluado (impactos supervinientes) para ir realizando evaluaciones correctivas sobre la marcha del proyecto.

Asimismo, se entregará a la autoridad en materia, el informe de cumplimiento que corresponderá a un documento periódico, con la periodicidad que ésta impute en la resolución, el cual integrará las evidencias de cumplimiento de todas las actividades ejecutadas y objetivos alcanzados. En síntesis, el PVA asegura:

- A. El cabal cumplimiento de los términos, condicionantes y medidas de mitigación propuestas;
- B. Que con la atención a los indicadores estratégicos ligados al proyecto, se asegura que se conserva la calidad ambiental de los ecosistemas que lo acogieron.

VI.8 Información necesaria para la fijación de montos para fianzas

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 51 del REIA, *la Secretaría 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*. Por lo que en este apartado se presenta la información que podrá ser considerada para el otorgamiento del instrumento de garantía que dé cumplimiento al precepto indicado previamente.

El importe estimado para la ejecución de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación es de \$844,746.57 pesos mexicanos (ochocientos cuarenta y cuatro mil setecientos cuarenta y seis pesos 57/100 MNX; Tabla VI.14), enfatizando en que dicho valor corresponde a un estimado preliminar, toda vez que el monto final incluirá los costos de ejecución de los Términos y/o Condicionantes que dictamine la autoridad en el oficio resolutivo; por lo anterior, el Estudio Técnico Económico que fungirá como base para fijar el monto de la fianza a obtener por la promovente y garantizar el cumplimiento de sus obligaciones, será integrado y entregado a la autoridad competente una vez sea autorizado el proyecto en materia de impacto ambiental.

Tabla VI.14 Estimación de la aplicación de recursos destinados a la prevención y mitigación

Asignación de recursos a la aplicación de los programas		
ID	Actividad	Monto
1	Programa de Vigilancia Ambiental ^{1/}	\$ 0.00
2	Programa de información y capacitación ambiental	\$ 50,000.00
3	Programa de conservación y restauración de suelos	\$ 180,741.36
4	Programa de manejo integral de residuos	\$ 377,443.36
5	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	\$ 236,561.85
6	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre	\$ 334,570.00
	Total	\$ 844,746.57

^{1/} Presupuesto previsto en cada uno de los programas.

VI.9 Bibliografía

-
- ¹ DGIRA. 2010. Guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 39-41 pp

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



“Planta Fotovoltaica Alten Hidalgo 100 MW”

**CAPÍTULO VIII. Identificación de
los instrumentos metodológicos y
elementos técnicos que sustentan
los resultados de la Manifestación
de Impacto Ambiental**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

VIII.1 Anexos

Por un uso responsable del papel, los anexos que a continuación se detallan, se presentan según se indica a continuación:

Relación de anexos

Capítulo	Anexo	Nombre	Observaciones	
			Impreso	Digital
I	ANX.VIII.I.1	PLN UBIC PY	Sí	Sí
	ANX.VIII.I.2	ACT CONST 36582	Sí	Sí
	ANX.VIII.I.3	CONST SIT FISCAL	Sí	Sí
	ANX.VIII.I.4	PODER 41914 MHS	Sí	Sí
	ANX.VIII.I.5	INE MHS	Sí	Sí
	ANX.VIII.I.6	CED PROF RESP TEC	No	Sí
	ANX.VIII.I.7	ID RESP TEC	No	Sí
	ANX.VIII.I.8	PROTESTO	Sí	Sí
II	ANX.VIII.II.1	ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO DUCTO	No	Si
	ANX.VIII.II.2	ÁREA DE ESTABLECIMIENTO DEL PROYECTO	No	Si
	ANX.VIII.II.3	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES	Sí	Sí
	ANX.VIII.II.4	REPRESENTACIÓN GRAF REG	No	Si
	ANX.VIII.II.5	REPRESENTACIÓN GRAF LOCAL	No	Si
III	ANX.VIII.III.1	ANP's	No	Si
	ANX.VIII.III.2	AICA's	No	Si
	ANX.VIII.III.3	RTP's	No	Si

Capítulo	Anexo	Nombre	Observaciones	
			Impreso	Digital
	ANX.VIII.III.4	RHP's	No	Si
IV	ANX.VIII.IV.1	MAPAS TEMÁTICOS	Si	Si
	ANX.VIII.IV.2	FLORA POTENCIAL SAR	No	Si
	ANX.VIII.IV.3	BASE DD VEGETACIÓN AeP	No	Si
	ANX.VIII.IV.4	BASE DD MUESTREO VEGET SAR	No	Si
	ANX.VIII.IV.5	CALCULO DIVERSIDAD VEGET AeP	No	Si
	ANX.VIII.IV.6	CALCULO DIVERSIDAD VEGET SAR	No	Si
	ANX.VIII.IV.7	LISTADO POTENCIAL FAUNA	No	Si
V	ANX.VIII.V.1	METODOLOGÍA EIA	No	Si
	ANX.VIII.V.2	MATRIZ INTERACCIÓN	No	Si
VI	ANX.VIII.VI.1	PROG. VIGILANCIA AMBIENTAL	Si	Si
	ANX.VIII.VI.2	PROG. INDUCCIÓN Y CAPACITACIÓN AMB	Si	Si
	ANX.VIII.VI.3	PROG CONSERV Y REST DE SUELOS	Si	Si
	ANX.VIII.VI.4	PROG MANEJO INTEGRAL RESIDUOS	Si	Si
	ANX.VIII.VI.5	PROG RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA	Si	Si
	ANX.VIII.VI.6	PROG RESCATE Y REUBICACIÓN DE FAUNA	Si	Si

VIII.2 Glosario de términos

Abiótico

Denominación que reciben todos los componentes que no tienen vida, como son las sustancias minerales, los gases y los factores climáticos que influyen en los organismos.

Aguas residuales o servidas

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

Ambiente

El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Antrópico

Todo aquello que tiene que ver con los seres humanos y su posición en cuanto a lo natural, ya que engloba todas las modificaciones que sufre la naturaleza a consecuencia de la acción humana.

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Las AICA's surgen de un programa de Birdlife International, el cual busca identificar este tipo de áreas en todo el mundo. Mediante criterios como la amenaza que sufren las especies de

aves, lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregan en un solo sitio.

Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Las zonas del territorio nacional y aquellos sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la ley (LGEEPA).

Biodiversidad

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Biótico

Todos aquellos seres vivos de los ecosistemas.

Carta topográfica

Representación impresa o digital de la forma de la superficie terrestre, donde aparecen los elementos naturales de un estado o país, así como las obras hechas por el hombre (presas, zonas agrícolas, carreteras, acueductos u oleoductos, etc.), ubicados con exactitud mediante sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Coordenadas geográficas

Líneas imaginarias paralelas al ecuador (paralelos: latitud y meridianos: longitud) que sirven para determinar la posición exacta de un punto sobre la superficie terrestre.

Contaminación

La presencia en el ambiente de uno a más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante

Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Corriente intermitente

Aquella que solamente tiene escurrimiento superficial durante alguna época del año.

Criterios de significancia

Umbrales cualitativos y cuantitativos que determinan la importancia (significativa o no significativa) de un impacto, y presentan una discusión de la importancia del efecto ocasionado por la actividad del Proyecto en un componente ambiental.

Curvas de nivel

Líneas que unen en mapas topográficos los puntos con igual elevación.

Datum

Sistema geométrico de referencia que expresa numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno. Se define en función de un elipsoide y por un punto en el que éste y la tierra son tangentes.

Desequilibrio ecológico

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

Disposición final

Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Ecosistema

Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas, y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y nutrientes

Elemento natural

Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Emisión

Liberación al ambiente de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o cualquier tipo de energía, proveniente de una fuente.

Especie

Unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, compartiendo rasgos fisionómicos y requerimientos de hábitat semejantes. Puede referirse a subespecies y razas geográficas.

Especies en riesgo

Aquellas incluidas en alguna de las categorías descritas en la NOM-059-SEMARNAT-2001: Amenazada (A), En peligro de extinción (P), Sujetas a protección especial (Pr) y Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Fauna silvestre

Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domesticados que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

Flora silvestre

Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre.

Geomorfología

Ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre. Con este nombre se suele designar la ciencia que estudia el origen y la evolución de la tierra firme emergida, pero puede estudiar también los fondos marinos.

Hábitat

Sitio específico en un medio ambiente físico ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado.

Homeostasis

Tendencia de las comunidades hacia la estabilidad dinámica.

Impacto ambiental

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

IUCN

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés.

Lixiviado

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y pudiendo representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Manejo

Aplicación de métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Materia orgánica

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo que contribuyen a su fertilidad.

Paisaje

En sentido geomorfológico se denomina paisaje al aspecto general de una región, determinado por el conjunto de geoformas (relieve tallado o construido sobre el sustrato, resultado tanto de la erosión como de la acumulación de sedimentos sobre los relieves emergidos de las áreas continentales). La geoforma comprende todos los elementos vinculados con la morfología de la superficie terrestre (clima, relieve, litología, geomorfología, suelos y cubierta vegetal con su fauna asociada).

Recurso natural

El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Región ecológica

La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.

Región hidrológica

Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados y municipios.

Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido.

Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

Áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particulares importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. En particular tienen como objetivo

general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga oportunidad real de conservación.

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 peligroso

Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, sí como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente. El instrumento normativo que proporciona las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos es la NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

Servicios ambientales

Los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano.

Servicios ecosistémicos

Son recursos o procesos de los ecosistemas naturales (bienes y servicios) que benefician a los seres humanos. Incluye productos como el agua potable limpia y procesos tales como la descomposición de desechos.

Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios o procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

UTM

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (En inglés Universal Transverse Mercator, UTM) basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

Vegetación forestal

El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.

Manifestación de Impacto
Ambiental
Modalidad Regional
MIA-R



**“Planta Fotovoltaica
Alten Hidalgo 100
MW”**

**CAPÍTULO VII. Pronósticos
ambientales regionales y evaluación
de alternativas.**

Noviembre 2020

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹

¹ SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf 04.ene.2016

TABLA DE CONTENIDO

VII. Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas _____	1
VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto _____	1
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto _____	8
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación _____	10
VII.4 Pronóstico ambiental _____	12
VII.5 Evaluación de alternativas _____	13
VII.6 Bibliografía _____	13

1. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII.1 Modificaciones en el uso de suelo en la superficie del SAR a través del tiempo.....	2
Tabla VII.2 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR	3
Tabla VII.3 Criterios para asignar valor biológico, de amenaza o riesgo y oportunidad de conservación	5
Tabla VII.4 Valoración de los criterios de calidad ambiental en el SAR al tiempo cero	7
Tabla VII.5 Impactos destacables identificados en el capítulo V	8
Tabla VII.6 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto.....	9
Tabla VII.7 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto y medidas de mitigación.....	11
Tabla VII.8 Pronósticos de los tres escenarios del SAR.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VII.1 Pronóstico del escenario del SAR a 30 años.....	3
Figura VII.2 Escenario de la calidad ambiental al tiempo cero.....	8
Figura VII.3 Escenario de la calidad ambiental con proyecto	10
Figura VII.4 Escenario de la calidad ambiental con proyecto y medidas de mitigación	12

Página intencionalmente sin texto

VII. Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas

Con base en la integración y el análisis de la información contenida en los capítulos II y IV, en los que se describen las características del proyecto y del sistema ambiental regional, así como de los capítulos V y VI donde se evalúan los impactos potenciales destacables producidos por el desarrollo del proyecto, y se seleccionan las medidas tendientes a reducir, mitigar o compensar dichos impactos, es posible estructurar el escenario ambiental actual del SAR del proyecto (línea base); y desarrollar los pronósticos ambientales del mismo sistema en dos escenarios más, uno de ellos considerando los impactos ambientales destacables del proyecto, y otro más ilustrando el resultado de la acción de las medidas correctivas o de mitigación sobre estos impactos.

En este sentido, el primer escenario se desarrolló a partir del análisis retrospectivo y del diagnóstico de la calidad ambiental del SAR formulados en el capítulo IV de esta MIA-R, sin considerar el proyecto como variable de cambio. En tanto que para los otros dos escenarios se revaloró la calidad ambiental sobre el mismo esquema utilizado en el capítulo IV, pero superponiendo teóricamente los impactos destacables y las medidas seleccionadas para mitigarlos.

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto

Retomando la información presentada en el capítulo IV, es posible definir que las tendencias de deterioro del SAR están notoriamente relacionadas con el incremento de actividades antrópicas, donde destacan la agricultura y la ganadería, mismas que se extienden al 59.3% de su superficie, lo que ha derivado en el incremento de una tasa de cambio de uso de suelo negativa para la vegetación forestal.

En este sentido, con el fin de contar con un escenario de la situación del SAR proyectado a futuro, sin la inserción del proyecto que nos ocupa y basado en datos georreferenciados, se

desarrolló un pronóstico congruente con las tendencias de desarrollo y deterioro que prexisten en el área, para ello se recurrió a la obtención de la tasa anual de cambio de uso de suelo, conforme a los indicadores básicos de desempeño ambiental que ofrece el SNIA^{II} y a partir de un análisis en retrospectiva de las modificaciones en el uso de suelo que ha experimentado el SAR (Tabla VII.1), teniendo como fuente de información las cartas^{III}:

- 1985: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I, escala 1:250 000. México.
- 2014: INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI, escala 1: 250 000. México.

Tabla VII.1 Modificaciones en el uso de suelo en la superficie del SAR a través del tiempo

ID	Uso de Suelo	1985 (SERIE I INEGI)		2014 (SERIE VI INEGI)	
		Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
		1	Área desprovista de vegetación		0.00
2	Agricultura de humedad anual		0.00	68.2113	0.15
3	Agricultura de riego anual	161.6703	0.36	1,192.5187	2.64
4	Agricultura de riego eventual	5,427.6246	12.01	1,227.7815	2.72
5	Agricultura de temporal anual	18,183.6184	40.22	22,249.9131	49.21
6	Agricultura de temporal anual y permanente		0.00	1,412.6814	3.12
7	Agricultura de temporal plantación agrícola permanente		0.00	568.9638	1.26
8	Agricultura de temporal semipermanente y permanente		0.00	85.9322	0.19
9	Bosque de encino	438.8478	0.97	128.3202	0.28
10	Cuerpos de agua	212.6726	0.47	251.8781	0.56
11	Matorral crasicaule	174.5742	0.39	673.1615	1.49
12	Matorral crasicaule con matorral subinerme	1,310.5185	2.90		0.00
13	Vegetación secundaria arbustiva de Matorral crasicaule	5,823.7077	12.88	5,596.8903	12.38
14	Matorral crasicaule con vegetación secundaria arbustiva y erosión	50.4120	0.11		0.00
15	Vegetación secundaria arbórea de Bosque de encino		0.00	86.4813	0.19
16	Vegetación secundaria arbustiva de Bosque de encino	6,524.0173	14.43	2,684.2012	5.94
17	Pastizal inducido	6,581.2043	14.56	8,806.3812	19.48
18	Pastizal inducido y erosión	321.7938	0.71		0.00
19	Zona urbana		0.00	176.9926	0.39
	Total	45,210.6615	100.00	45,210.6615	100.00

La tasa anual de cambio de uso de suelo se calculó con la fórmula:

$$r = \left(\left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/t} \right) * 100 \right) - 100$$

Dónde:

^{II} <http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/snia>

^{III} <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/default.aspx>

r = tasa anual.
S2 = superficie final.
S1 = superficie inicial.
T = tiempo transcurrido entre fechas.

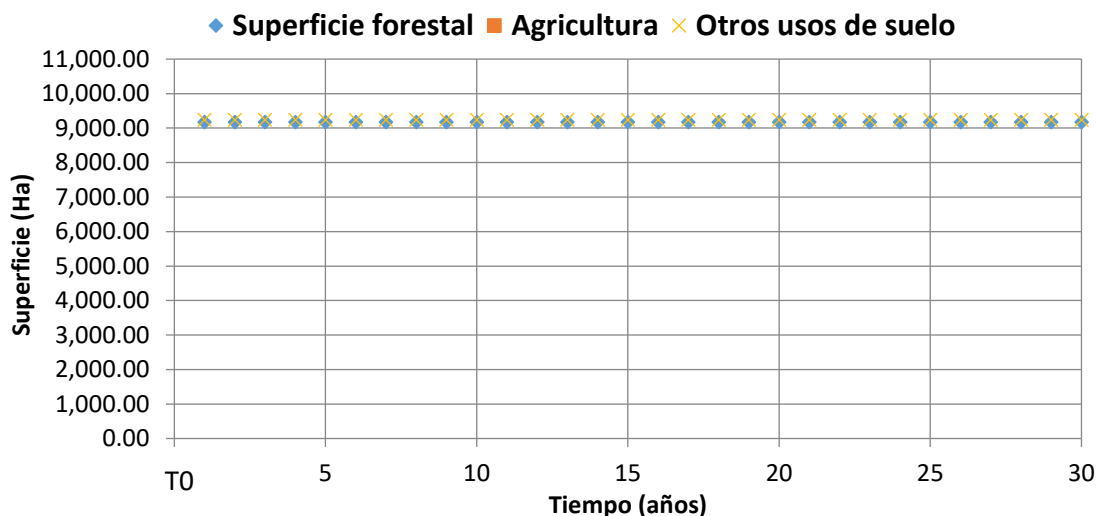
De esta forma se obtuvo el valor de la tasa anual de cambio para la superficie forestal y la superficie ocupada por otros conceptos no forestales (Tabla VII.2); de lo que destaca que históricamente el cambio más notable en términos de superficie se presenta entre el decremento del área ocupada con cobertura vegetal y el incremento de las actividades agrícolas y otros usos de suelo, entre los que se encuentran la zona urbana, áreas sin vegetación aparente y el pastizal inducido. No obstante, las tasas de cambio son muy bajas.

Tabla VII.2 Tasas anuales de cambio de uso de suelo en el SAR

Uso de suelo	Superficie SAR (ha)		Tasa anual de cambio
	1985	2014	r
Superficie forestal	14,322.0775	9,169.0545	-1.5261
Agricultura	23,772.9133	26,806.0020	0.4149
Otros usos de suelo	7,115.6707	9,235.6050	0.9033
TOTAL	45,210.6615	45,210.6615	

La tendencia graficada muestra una casi imperceptible diferencia, pues considerando la tendencia de cambio de uso de suelo que éste ha exhibido en los últimos 29 años (periodo 1985-2014), podemos pronosticar un escenario futuro del SAR sin alojamiento del proyecto en el que puede advertirse que de continuar con las tendencias de cambio actuales, al cabo de 30 años, tanto la superficie forestal como los otros usos caracterizados en la línea base podría mantenerse en una extensión semejante a la que actualmente se exhiben (Figura VII.1).

Figura VII.1 Pronóstico del escenario del SAR a 30 años



El reducido valor de la tasa de cambio de uso de suelo seguramente es el que ha dado cabida a la oportunidad de recuperación de las zonas alteradas, razón por la cual, la mayor superficie forestal que se presenta en el SAR corresponde a vegetación en estado secundario de sucesión ecológica.

En este sentido, cabe retomar lo propuesto en el diagnóstico ambiental del SAR, desarrollado en el capítulo IV, donde se plantea que *el ecosistema de matorral crasicaule, aunque deteriorado por las actividades antrópicas que en el SAR se desarrollan, aún conserva la capacidad de recuperarse por sí solo (resiliencia) en plazos cortos y medianos de tiempo, por lo que puede inferirse que no se ha sobrepasado su capacidad de carga. Asimismo, la valoración de la calidad de los servicios ecosistémicos a través de indicadores claves, señala una calidad media a baja de los servicios ecosistémicos y por ende de la integridad funcional en dicha área.*

Ahora bien, enfocándonos en el área de establecimiento del proyecto (AeP) que aún sin el desarrollo de éste, ya se encuentra fragmentado dentro del predio, toda vez que la mayor superficie de éste está cubierto por terrenos agrícolas, reduciendo a fragmentos la vegetación forestal aún presente, es fácil pronosticar que la tendencia de esta área en particular continuaría siendo de baja calidad ambiental y sin una aportación significativa a los servicios ambientales del SAR.

Por lo anterior, cabe entonces enfatizar en lo relevante de discernir entre aquellas áreas con mayor vocación para la conservación y aquellas que puedan ser seleccionadas como la mejor opción, en términos de una menor afectación al ecosistema y su conectividad, para continuar con el desarrollo económico de la región.

Adicionalmente a lo antes descrito, para la descripción del comportamiento del SAR en los diferentes escenarios, se optó por implementar la metodología de Arriaga *et al.* (2000¹) que utiliza la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad al determinar las áreas que puedan alcanzar la categoría de Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), descrita en los párrafos subsecuentes, que permite evaluar el estado de la calidad ambiental en regiones de grandes dimensiones.

Mediante la metodología antes señalada, es posible establecer el valor biológico de los atributos de una zona (a través de la valoración de 9 criterios), detectar las situaciones de amenaza o riesgo (6 criterios de evaluación) e identificar sus oportunidades de conservación (3 criterios evaluados). Para calificar dichos criterios se asigna un valor ponderado a cada uno, cuya sumatoria arroja un total que denota de manera general la calidad ambiental (Tabla VII.3).

Tabla VII.3 Criterios para asignar valor biológico, de amenaza o riesgo y oportunidad de conservación

	Criterios	ID	Descripción	Valores
Valor biológico	Extensión de la región	ER	La importancia de este aspecto radica en la correspondencia que existe entre el tamaño de la región y su biodiversidad	0= < 1000 ha. 1= 1000 a 10000 ha. 2= 10000 a 100000 ha. 3= > 100,000 ha
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	Se considera baja, cuando la presencia de plantas nativas y herbívoros silvestres medianos es escasa, así como cuando los procesos naturales de sucesión ecológica han sido alterados significativamente.	0= no se conoce 1= muy bajo 2=bajo 3= medio 4=alto
	Función como corredor biológico.	FC	Este criterio identifica la calidad de una región de encontrarse conectada o servir de conexión con otra, por cualquier medio físico, el cual permite, entre otras cosas, el movimiento de especies silvestres.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Diversidad de ecosistemas	DE	Con este criterio se evalúa cualitativamente la variedad de ecosistemas que se encuentran representados en el área seleccionada.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Presencia de fenómenos naturales y "extraordinarios".	FN	Este criterio identifica y evalúa fenómenos que ocurren en la naturaleza y que tienen un carácter "extraordinario".	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
	Presencia de endemismos	PE	Este aspecto se refiere a la existencia de organismos exclusivos de un área	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Riqueza específica	RE	Este criterio considera el conjunto de las especies y subespecies representadas en un área por los organismos que allí habitan.	0= no se conoce 1=bajo 2=medio 3=alto
	Centro de origen y diversificación natural	CO	Este criterio evalúa la función que determinadas áreas han desempeñado como centros de origen, es decir áreas a partir de las cuales se han dispersado los taxa hasta alcanzar su distribución actual.	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	Asigna un valor a aquellas regiones que albergan germoplasma de plantas, ya sea en estado silvestre, semisilvestre o ligado a las actuales prácticas productivas, en cantidad significativamente relevante.	0= no se conoce 1= poco importante 2= importante 3= muy importante
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	Área ocupada por ecosistemas conservados respecto al total de una región (expresada en porcentaje) es un indicador dinámico del grado de amenaza que esta presenta.	0= nulo 1= bajo (0-30%) 2= medio (30-60%) 3= alto (60-100%)
	Grado de fragmentación de la región	GF	Este criterio se refiere al grado de pérdida de conectividad de los ecosistemas de un área.	0= muy bajo 1= bajo 2= medio 3= alto

Criterios	ID	Descripción	Valores	
Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	Los cambios en la densidad poblacional de una región son indicadores indirectos de la estructura productiva y los niveles de bienestar social que en ella existen.	0= negativo 1=estable 2= bajo 3= alto	
Presión sobre especies clave ^{IV} .	PSE	Evalúan las actividades de explotación y extracción no controladas que ponen en riesgo la capacidad de regeneración de poblaciones de organismos clave.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto	
Concentración de especies en riesgo	CER	La concentración de especies en riesgo en un área indica su importancia como zona de refugio, su valor como ecosistema relicto o bien, refleja el grado e amenaza al que está sometida la región y sus componentes.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto	
Prácticas de manejo inadecuado	PMI	Evalúa el efecto que tienen las actividades humanas, incompatibles con la conservación de una región en particular.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto	
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	Evalúa el porcentaje de una región en el que se aplica un esquema de manejo compatible con la conservación ya sea, bajo un área protegida en funcionamiento o bajo formas racionales de producción.	0= no se conoce 1= bajo (0-30%) 2= medio (30-60%) 3= alto (60-100%)
	Importancia de los servicios ambientales	SA	Los ecosistemas desempeñan funciones ecológicas importantes para la sociedad, a estas funciones vistas como servicios ambientales, presentados por el ecosistema, se les puede asignar un valor económico, por concepto del servicio y amplitud de su influencia.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto
	Presencia de grupos organizados.	PGO	Evalúa la importancia que tiene la presencia de grupos organizados en las diferentes regiones, sean de campesinos, indígenas y asociaciones civiles u otros, que se realicen, apoyen, coordinen o fomenten actividades compatibles con la conservación.	0= no se conoce 1= bajo 2= medio 3= alto

Una zona en óptimas condiciones, una vez calificada con estos criterios sumaría un valor total de 41 puntos.

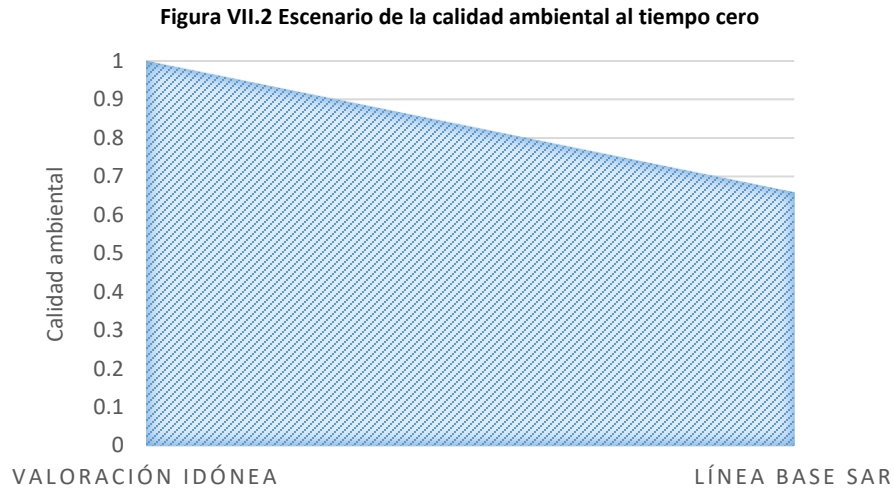
La aplicación de los criterios utilizados por la CONABIO a los atributos del SAR se realizó con base en la caracterización y descripción del SAR en el capítulo IV, concretándose en lo siguiente (En resumen, la aplicación de medidas de mitigación permitirá, en lo posible, salvaguardar los recursos: suelo, fauna y flora, a través de los rescates, y en el caso del suelo, su adecuado manejo para el aprovechamiento de este factor de tan difícil recuperación. Derivado de lo anterior, con la aplicación de las medidas de mitigación, las situaciones que sumaban amenazas o riesgos a la calidad ambiental del SAR disminuyen; y con la aplicación de los diversos programas ambientales, las oportunidades de conservación se incrementarán, toda vez que este tipo de actividades contribuyen sustancialmente a hacer más ambientalmente amigable al proyecto.

^{IV} Se considera especie clave a aquella cuya distribución determina el límite de una región de importancia para la conservación y se caracteriza por desempeñar una función determinante dentro del ecosistema. (Arriaga *op cit.*)

El valor obtenido por la sumatoria de todos los criterios evaluados, fue transformado a una escala de 0 a 1, con base en el máximo e idóneo valor posible, para visualizar el estado de calidad ambiental que guarda el SAR en los diferentes escenarios. En este sentido, el resultado es congruente con la caracterización del capítulo antes referido, donde de manera cualitativa se describe un SAR con calidad media (Figura VII.2).

Tabla VII.4 Valoración de los criterios de calidad ambiental en el SAR al tiempo cero

	Criterios	ID	Valoración óptima	Valor efectivo para el SAR (Línea base)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	3
	Función como corredor biológico.	FC	3	1
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1
	Presencia de fenómenos naturales y “extraordinarios”.	FN	1	0
	Presencia de endemismos	PE	3	2
	Riqueza específica	RE	3	2
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	0
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	1
	Subtotal		26	12
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	2
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	1	1
	Presión sobre especies clave.	PSE	1	2
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3
	Subtotal		6	12
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	3	1
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	2
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0
	Subtotal		9	3
TOTAL			41	27
Calidad ambiental			1	0.66



VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto

La construcción de este escenario se realizó tomando como base las tendencias de cambio descritas anteriormente y sobreponiendo los impactos ambientales destacables inherentes al desarrollo del proyecto, identificados en el capítulo V y retomados en la Tabla VII.5, sin considerar aún las medidas de mitigación.

Tabla VII.5 Impactos destacables identificados en el capítulo V

Impactos destacables	Residualidad
Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	Recuperable
Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	Recuperable
Modificación puntual del curso de escorrentías	Recuperable
Incremento de la susceptibilidad de erosión	Recuperable
Ahuyentamiento de la fauna del área establecimiento del proyecto	No recuperable
Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivada de la colisión y la electrocución	No recuperable
Perdida puntual del hábitat disponible para la fauna en el área de establecimiento del proyecto	No recuperable
Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	No recuperable
Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	Recuperable
Perdida de cobertura vegetal en el área de establecimiento del proyecto	No recuperable
Afectación a individuos de especies de flora con categoría de riesgo	Recuperable
Disminución local de los valores de la calidad paisajística.	No recuperable

Con base en lo anterior y partiendo de la valoración del escenario de línea base, se restó o sumó medio punto (se restó en el caso de los criterios de valor biológico y oportunidades de conservación y se sumó en los criterios de amenaza y riesgo) sobre aquellos criterios correspondientes a los factores ambientales sobre los que incidirá algún o algunos de los 12 impactos destacables (Tabla VII.6). Cabe señalar que no se consideraron unidades completas en

la variación, pues no se prevé que la magnitud de los impactos provoque que los criterios descieran o asciendan de calificación según los parámetros o rangos especificados en la metodología utilizada.

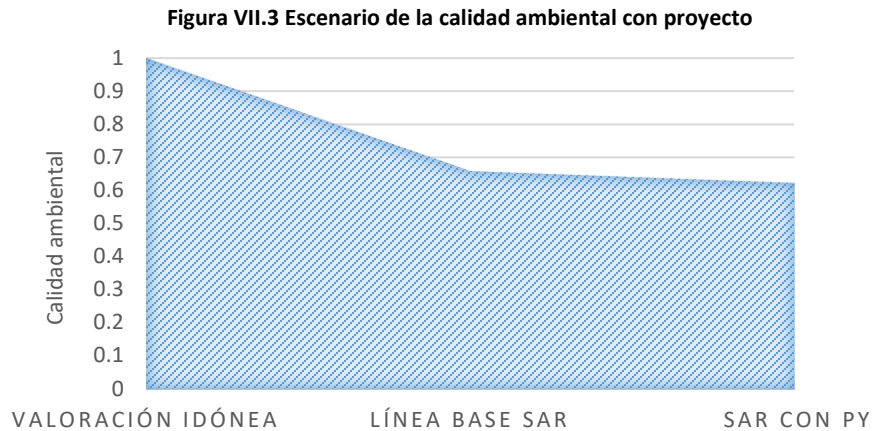
El resultado, advierte que una vez incorporado el proyecto al sistema ambiental regional, la calidad ambiental del mismo disminuirá en un 4% con respecto a la línea base, valor que resulta casi imperceptible (

Figura VII.3). El decremento de la calidad ambiental deriva de una reducción en los atributos que otorgan valor biológico al SAR, al igual que lo harán las oportunidades de conservación, principalmente por aquellos impactos que inciden negativamente sobre la flora, la fauna y la movilidad de esta última; y como efecto de la residualidad de algunos de los impactos ambientales, las situaciones de amenaza o riesgo se incrementarán.

Tabla VII.6 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto

Criterios		ID	Valoración óptima	Valor efectivo para el SAR (Línea base)	Valor efectivo para el SAR (con Py)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	2	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	3	2.5
	Función como corredor biológico.	FC	3	1	0.5
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1	1
	Presencia de fenómenos naturales y “extraordinarios”	FN	1	0	0
	Presencia de endemismos	PE	3	2	1.5
	Riqueza específica	RE	3	2	1.5
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	0	0
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	1	1
Subtotal			26	12	10
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	2	2.5
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3	3.5
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas	CDH	1	1	1
	Presión sobre especies clave	PSE	1	2	2
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3	3.5
Subtotal			6	12	13.5
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado	ABM	3	1	0.5
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	2	1.5
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0	0
Subtotal			9	3	2
TOTAL			41	27	25.5

Criterios	ID	Valoración óptima	Valor efectivo para el SAR (Línea base)	Valor efectivo para el SAR (con Py)
Calidad ambiental		1	0.66	0.62



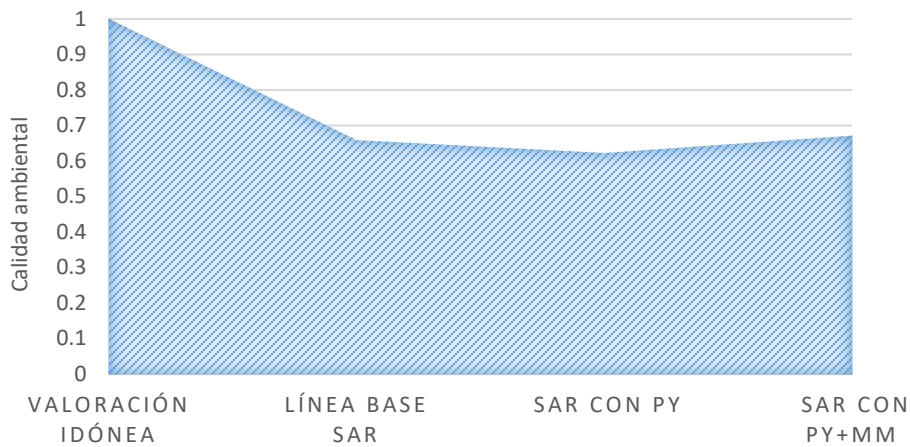
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

El pronóstico en este escenario superpone las 26 medidas de mitigación de aplicación obligatoria descritas en el capítulo VI, cuya propuesta y posterior ejecución está dirigida a reducir o prevenir los impactos previstos e inherentes al desarrollo del proyecto. Por lo que siguiendo la metodología y valores asignados en el escenario anterior, se evaluaron los criterios de valor biológico, de amenaza y de oportunidades de conservación del SAR, suponiendo ya ejecutadas las medidas de mitigación, con las que se prevé el restablecimiento de algunos de los valores alterados con respecto a la línea base, por efecto de las actividades de rescate y medidas preventivas de mantenimiento y concientización. No obstante, se mantuvo la valoración del escenario anterior para aquellos criterios sobre los que inciden impactos, para los que si bien se aplicarán medidas de para reducir su magnitud, su carácter de residual no permitirá el restablecimiento del valor asignado en la línea base (Tabla VII.7). Pese a esto último, el resultado pronostica la posibilidad de mantener e incluso elevar ligeramente la calidad ambiental del SAR (figura VII.4), gracias a la ejecución de acciones de conservación de suelo que se suman al criterio de “prácticas de manejo adecuado” y que actualmente no se ejecutan en el área, lo que podría derivar en un verdadero beneficio en la disminución de la erosión, favorecer la infiltración y del establecimiento natural de vegetación nativa sobre aquellos terrenos frágiles dentro del área del proyecto o sus cercanías.

Tabla VII.7 Valoración pronosticada de los criterios de calidad ambiental en el SAR con proyecto y medidas de mitigación

Criterios	ID	Valoración optima	Valor efectivo para el SAR (Línea base)	Valor efectivo para el SAR (con Py)	Valor efectivo para el SAR (con Py + MM)
Valor biológico	Extensión de la región	ER	3	2	2
	Integridad ecológica funcional de la región	IE	4	3	2.5
	Función como corredor biológico.	FC	3	1	0.5
	Diversidad de ecosistemas	DE	3	1	1
	Presencia de fenómenos naturales y “extraordinarios”.	FN	1	0	0
	Presencia de endemismos	PE	3	2	1.5
	Riqueza específica	RE	3	2	1.5
	Centro de origen y diversificación natural	CO	3	0	0
	Centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.	CD	3	1	1
	Subtotal	26	12	10	11
Amenaza o riesgo	Perdida de superficie original	PS	0	2	2.5
	Grado de fragmentación de la región	GF	0	3	3.5
	Cambios en la densidad de poblaciones humanas.	CDH	1	1	1
	Presión sobre especies clave.	PSE	1	2	2
	Concentración de especies en riesgo	CER	3	1	1
	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	1	3	3.5
	Subtotal	6	12	13.5	13
Oportunidades de conservación	Proporción del área bajo algún tipo de manejo adecuado.	ABM	3	1	0.5
	Importancia de los servicios ambientales	SA	3	2	1.5
	Presencia de grupos organizados.	PGO	3	0	0
	Subtotal	9	3	2	3.5
TOTAL		41	27	25.5	27.5
Calidad ambiental		1	0.66	0.62	0.67

Figura VII.4 Escenario de la calidad ambiental con proyecto y medidas de mitigación



En resumen, la aplicación de medidas de mitigación permitirá, en lo posible, salvaguardar los recursos: suelo, fauna y flora, a través de los rescates, y en el caso del suelo, su adecuado manejo para el aprovechamiento de este factor de tan difícil recuperación. Derivado de lo anterior, con la aplicación de las medidas de mitigación, las situaciones que sumaban amenazas o riesgos a la calidad ambiental del SAR disminuyen; y con la aplicación de los diversos programas ambientales, las oportunidades de conservación se incrementarán, toda vez que este tipo de actividades contribuyen sustancialmente a hacer más ambientalmente amigable al proyecto.

VII.4 Pronóstico ambiental

A partir del análisis de los tres apartados anteriores, los pronósticos de la situación a la que tendería la calidad ambiental del SAR, desarrollados en este capítulo, se concreta en los siguientes escenarios (Tabla VII.8).

Tabla VII.8 Pronósticos de los tres escenarios del SAR

Escenario	Descripción
Escenario sin proyecto, pronóstico a 30 años	<p>Se incide sobre un ambiente de calidad ambiental media, donde existen indicadores de perturbación de origen antrópico, principalmente por la agricultura y la ganadería que ocupan el 59.3% de la superficie del SAR. No obstante, la tasa de cambio de uso de suelo en los últimos años, si bien sigue siendo negativa para la superficie forestal que cubre al SAR, ésta es mucho más optimista al haber una fuerte presencia de vegetación en estado secundario que evidencia que a pesar del grado de deterioro del SAR, el ecosistema aún presenta una buena resiliencia. Cabe reiterar que los análisis contenidos en esta MIA-R respecto a las áreas forestales, se han dirigido particularmente al matorral crasicuale, que corresponde al tipo de vegetación por afectar a causa del desarrollo del proyecto.</p> <p>Con base en lo anterior, la tendencia graficada a partir de su tasa de cambio actual, muestra una casi imperceptible pérdida de suelo forestal en el SAR al cabo de 30 años. En tanto que en el área de establecimiento del proyecto que aún sin el desarrollo de éste, ya se encuentra, es factible pronosticar que la tendencia de esta área en particular continuaría siendo de baja calidad ambiental, y sin una aportación significativa a los servicios ambientales del SAR.</p>
Escenario con la inserción del proyecto	<p>La inserción del proyecto provocará el cambio de uso de suelo en una medida poco significativa en el contexto del SAR (0.94%); no obstante, su ejecución sin medidas de mitigación si podría incidir directa</p>

	y negativamente sobre los recursos flora, fauna, suelo, agua y paisaje, reduciendo la calidad ambiental del SAR en un 4% con respecto a la línea base.
Escenario con proyecto e implementación de medidas de mitigación	<p>Se estima positiva la posibilidad de mantener la calidad ambiental del SAR en la misma condición que en la línea base, pues pese a la residualidad de algunos impactos, la aplicación de medidas de mitigación permitirá, en lo posible, salvaguardar los recursos suelo, fauna y flora, a través de los rescates, y su adecuado manejo. Se prevé también la posibilidad de incluso elevar ligeramente la calidad ambiental del área a través de la implementación de prácticas afines a la conservación del suelo, que favorecerán el aprovechamiento de este factor ambiental de tan difícil recuperación.</p> <p>Derivado de lo anterior, con la aplicación de las medidas de mitigación, las situaciones que sumaban amenazas o riesgos a la calidad ambiental del SAR disminuyen; y con la aplicación de los diversos programas ambientales, las oportunidades de conservación se incrementarán, toda vez que este tipo de actividades contribuyen sustancialmente a hacer más ambientalmente amigable al proyecto.</p>

VII.5 Evaluación de alternativas

No existen alternativas técnicas ni de ubicación del proyecto, toda vez que desde su conceptualización y diseño se valoró la viabilidad técnica y ambiental de su ejecución. Aunado a lo anterior, durante la estructuración de esta MIA-R logró acreditarse la viabilidad y compatibilidad ambiental del proyecto, evidenciando mediante los estudios de gabinete y de campo analizados en los diversos capítulos que integran este documento, que el AeP no incide sobre áreas naturales protegidas ni zonas siquiera medianamente conservadas, en contraste, se trata de un área con un grado de deterioro mayor que las áreas circundantes dentro del SAR, por lo que no posee una aportación significativa a los servicios ambientales del SAR. De manera que su utilización como sitio de implantación del proyecto, no generará cambios perceptibles sobre la calidad ambiental del SAR.

VII.6 Bibliografía

¹ Arriaga, L., J.M. Espinoza. C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.