MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. ***2***

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO **2**

I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO. 2

I.1.2 UBICACIÓN (DIRECCIÓN) DEL PROYECTO. 2

1.1.3 DURACIÓN DEL PROYECTO. 10

I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE **10**

I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL. 10

I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE. 10

I.2.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL. EN SU CASO, ANEXAR COPIA CERTIFICADA DEL PODER CORRESPONDIENTE. 10

I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES. 10

I.2.5 NOMBRE DEL CONSULTOR QUE ELABORÓ EL ESTUDIO. 12

I.2.6. Dirección del responsable técnico del estudio. 12

INDICE DE TABLAS

Tabla I. 1. Coordenadas del proyecto. 6

INDICE DE IMÁGENES

Imagen I. 1 Localización regional del proyecto 3

Imagen I. 2. Vías de acceso 4

Imagen I. 3. Vista Satelital del Proyecto 5

Imagen I. 4. Localización de las oficinas de la SCT, DF 11

Imagen I. 5. Centro SCT Estado de México 11

Imagen I. 6. Cedula del responsable técnico 12

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía I. 1 Inicio del proyecto 8

Fotografía I. 2 Fin del proyecto 9

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

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO.

El proyecto que pongo a su consideración para su evaluación corresponde al siguiente:

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO".

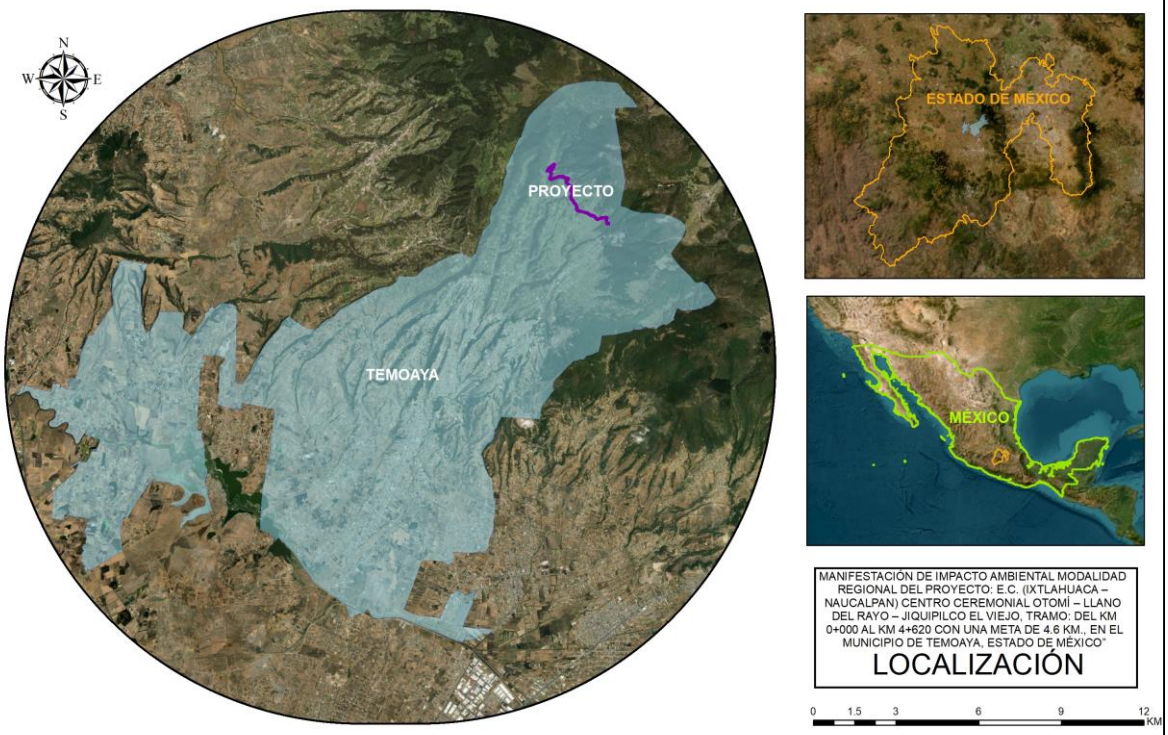
I.1.2 UBICACIÓN (DIRECCIÓN) DEL PROYECTO.

El proyecto: "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Como su nombre lo indica se desarrolla en el Estado de Mexico, del cual se menciona lo siguiente: Se ubica en el Centrosur del país, limitando al norte con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, al sur con Morelos y Ciudad de México, al suroeste con Guerrero y al oeste con Michoacán. Tiene una superficie de 22,357 km^2. La mayor parte del territorio mexiquense se localiza en la parte central del Eje Neovolcánico. Comprende los valles de México, Toluca, parte del valle de Puebla-Tlaxcala y una pequeña porción del Valle del Mezquital al norte del estado que antiguamente se conocía como la Teotlalpan, así como las cadenas montañosas Sierra Nevada, Monte de las Cruces, Sierra de Monte Alto, Sierra de Tetzontlalpan al norte y Cumbres Occidentales en colindancia con Michoacán. Sobre esta misma meseta se localizan importantes elevaciones como el volcán Popocatépetl (5500 m), el Iztaccíhuatl (5220 m s. n. m.), el Nevado de Toluca (4680 m s. n. m.) y los cerros Tláloc (4120 m s. n. m.), Telapón (4060 m s. n. m.) y Jocotitlán (3910 m s. n. m.). La parte sur del territorio mexiquense se localiza dentro de la depresión del Balsas. Así mismo el proyecto se encuentra inmerso en el Municipio de Temoaya, el cual se describe a continuación:

- El municipio de Temoaya se localiza en la parte centro-norte del Estado de México, la superficie territorial de dicho municipio es de aproximadamente 199.63 km^2 que equivalen al 0.88% de la superficie del estado. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 19° 28' 50" latitud norte y 99° 36' 12" longitud oeste, a una altitud promedio de 2,680 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Jiquipilco y Nicolás Romero, al sur con Toluca y Otzolotepec, al este con Isidro Fabela y nuevamente con los municipios de Jilotzingo y con Otzolotepec, mientras que al oeste con los municipios de Ixtlahuaca y Almoloya de Juárez. El nombre de "Teomaya" significa "lugar donde se desciende o cuesta abajo" y de acuerdo con datos que del INEGI (del conteo de población 2010) el número de habitantes del municipio es de 90,011.

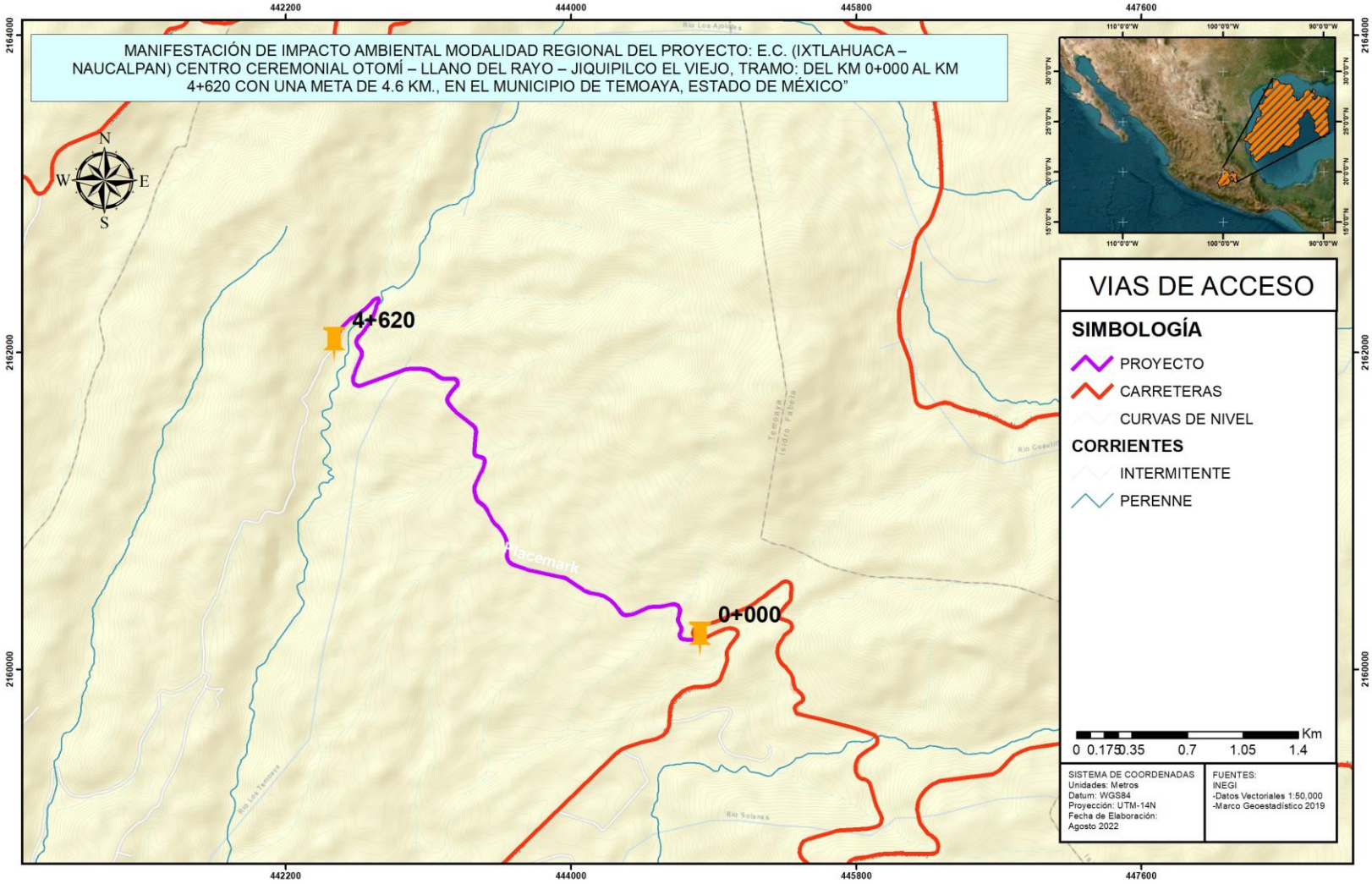
En la siguiente imagen se muestra la localización del proyecto

Imagen I. 1 Localización regional del proyecto



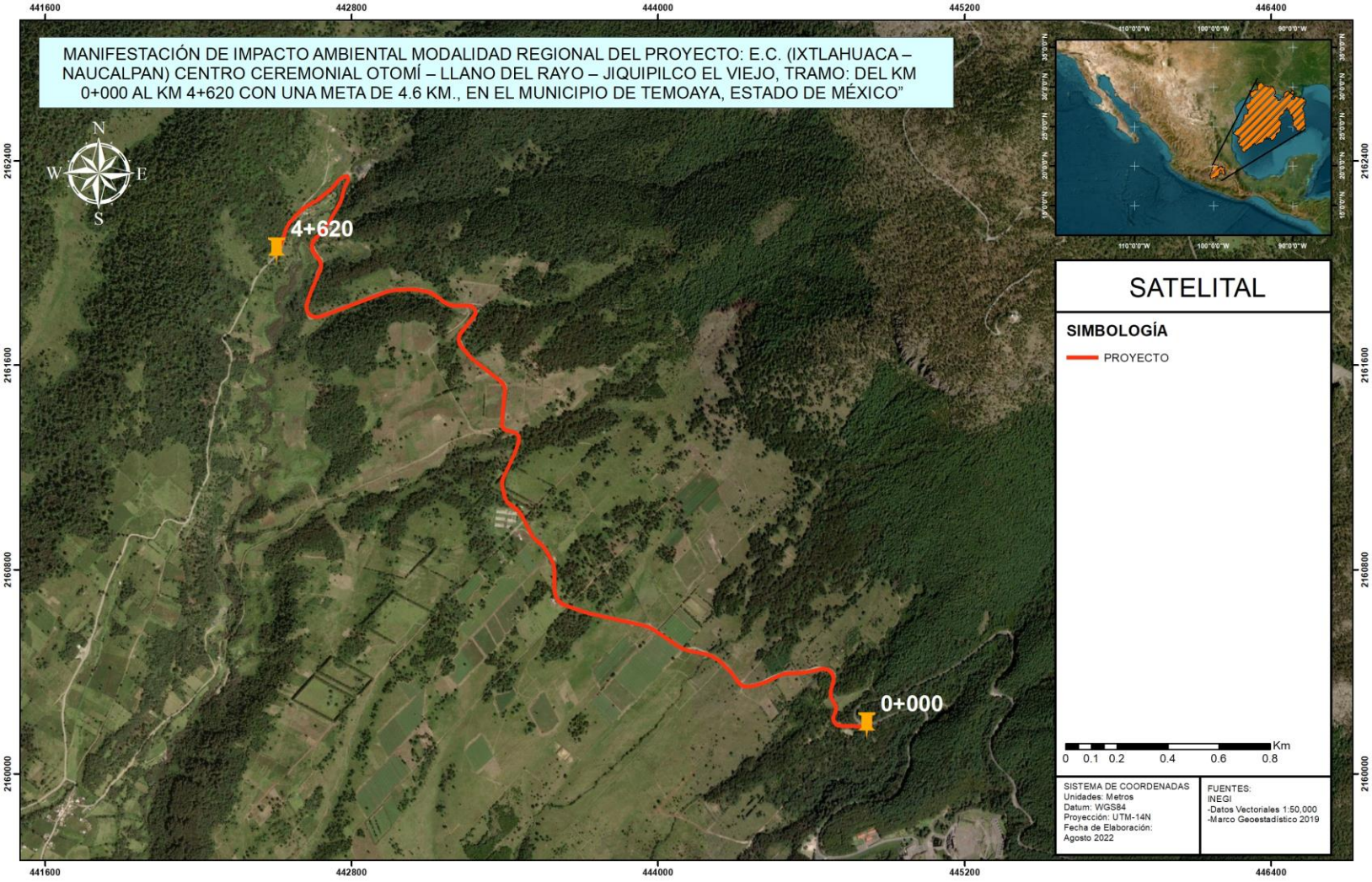
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen I. 2. Vías de acceso



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen I. 3. Vista Satelital del Proyecto



Fuente: PIMEX, 2022.

El proyecto consiste en la modernización de un camino alimentador, el cual se encuentra a nivel de terracería y será modernizado a un camino Tipo D Mejorado, conforme a las especificaciones de la SCT, para concluir en un camino con un ancho de corona y de calzada de 6.0 metros. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas calculadas con el Datum WGS84 Zona 14.

Tabla I. 1. Coordenadas del proyecto.

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS)		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
0+000 (Inicio)	444813	2160191	-99° 31' 33.753"	19° 32' 8.625"
4+620 (Fin)	442517	2162065	-99° 32' 52.734"	19° 33' 9.347"

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS)		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
0+000	444813	2160191	-99° 31' 33.753"	19° 32' 8.625"
0+100	444714	2160197	-99° 31' 37.163"	19° 32' 8.791"
0+200	444698	2160272	-99° 31' 37.706"	19° 32' 11.254"
0+300	444691	2160363	-99° 31' 37.961"	19° 32' 14.219"
0+400	444623	2160416	-99° 31' 40.315"	19° 32' 15.908"
0+500	444524	2160400	-99° 31' 43.684"	19° 32' 15.406"
0+600	444427	2160372	-99° 31' 47.004"	19° 32' 14.482"
0+700	444336	2160352	-99° 31' 50.148"	19° 32' 13.797"
0+800	444270	2160423	-99° 31' 52.396"	19° 32' 16.116"
0+900	444184	2160476	-99° 31' 55.369"	19° 32' 17.825"
1+000	444089	2160501	-99° 31' 58.630"	19° 32' 18.629"
1+100	444006	2160556	-99° 32' 1.480"	19° 32' 20.407"
1+200	443913	2160594	-99° 32' 4.682"	19° 32' 21.639"
1+300	443815	2160615	-99° 32' 8.036"	19° 32' 22.328"
1+400	443718	2160638	-99° 32' 11.366"	19° 32' 23.051"
1+500	443627	2160673	-99° 32' 14.520"	19° 32' 24.171"
1+600	443599	2160759	-99° 32' 15.460"	19° 32' 26.961"
1+700	443578	2160857	-99° 32' 16.202"	19° 32' 30.162"
1+800	443514	2160934	-99° 32' 18.410"	19° 32' 32.646"
1+900	443467	2161021	-99° 32' 20.044"	19° 32' 35.487"
2+000	443404	2161094	-99° 32' 22.207"	19° 32' 37.862"
2+100	443412	2161187	-99° 32' 21.953"	19° 32' 40.882"
2+200	443452	2161279	-99° 32' 20.584"	19° 32' 43.888"
2+300	443409	2161351	-99° 32' 22.046"	19° 32' 46.206"
2+400	443399	2161435	-99° 32' 22.404"	19° 32' 48.950"
2+500	443394	2161536	-99° 32' 22.590"	19° 32' 52.233"
2+600	443315	2161598	-99° 32' 25.300"	19° 32' 54.229"
2+700	443244	2161666	-99° 32' 27.757"	19° 32' 56.435"

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS) ESTE	NORTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS LONGITUD	LATITUD
2+800	443250	2161748	-99° 32' 27.556"	19° 32' 59.099"
2+900	443286	2161836	-99° 32' 26.335"	19° 33' 1.984"
3+000	443186	2161843	-99° 32' 29.774"	19° 33' 2.214"
3+100	443100	2161893	-99° 32' 32.733"	19° 33' 3.826"
3+200	442999	2161902	-99° 32' 36.196"	19° 33' 4.089"
3+300	442900	2161880	-99° 32' 39.572"	19° 33' 3.362"
3+400	442806	2161845	-99° 32' 42.787"	19° 33' 2.225"
3+500	442713	2161810	-99° 32' 46.003"	19° 33' 1.088"
3+600	442629	2161800	-99° 32' 48.859"	19° 33' 0.741"
3+700	442646	2161893	-99° 32' 48.296"	19° 33' 3.774"
3+800	442682	2161985	-99° 32' 47.071"	19° 33' 6.756"
3+900	442652	2162074	-99° 32' 48.113"	19° 33' 9.651"
4+000	442710	2162151	-99° 32' 46.118"	19° 33' 12.161"
4+100	442761	2162238	-99° 32' 44.398"	19° 33' 15.004"
4+200	442790	2162337	-99° 32' 43.420"	19° 33' 18.236"
4+300	442709	2162284	-99° 32' 46.194"	19° 33' 16.482"
4+400	442627	2162228	-99° 32' 48.982"	19° 33' 14.663"
4+500	442554	2162158	-99° 32' 51.499"	19° 33' 12.378"
4+620	442517	2162065	-99° 32' 52.734"	19° 33' 9.347"

Fuente: PIMEX, 2022.

El proyecto se trata de la modernización de un camino a nivel de terracería, para ser asfaltado, el eje se respetará en donde el camino así lo permita, para que el camino cuente con las especificaciones de una vialidad Tipo D Mejorado, de acuerdo con las clasificaciones de la SCT. La obra inicia en los límites del Centro Ceremonial Otomí, en donde conecta con la Carretera Estatal T.C. (Ixtlahuaca de Rayón – Naucalpan) -Temoaya y continua 4.0 kilómetros al noroeste. De manera específica el proyecto se desarrolla en un relive de Sierra, específicamente de sierra volcánica con estrato volcanes, el cual pertenece a la subprovincia fisiográfica "Lagos y volcanes de Anáhuac" y a la Provincia X del Eje Neovolcanico. El uso de suelo y vegetacion corresponde a Bosque de Oyamel del cadenamiento del camino 0+000 al 0+250 y del 0+250 al 4+00 a Pastizal Inducido de acuerdo con la información del INEGI, Serie VII (2021) y a la corroboración de dicha información en campo.

Fotografía I. 1 Inicio del proyecto





Se pueden observar las condiciones del punto de inicio 0+000 del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., la cual se origina en la intersección del camino con la carretera estatal T.C. (Ixtlahuaca de Rayón – Naucalpan) – Temoaya, en las coordenadas geográficas -99° 31' 33.753" de longitud y 19° 32' 8.625" de latitud, a 3,228 metros sobre el nivel medio del mar, sobre un suelo de tipo Luvisol característico por ser suelos desarrollados en zonas con suaves pendientes los cuales tienen altos contenidos de arcillas, en un clima semifrío subhúmedo con precipitaciones medias anuales de alrededor de 1,200 milímetros y con temperaturas anuales en promedio de 10 °C en el que se encuentra una vegetación de Bosque de Oyamel con predominancia de la especie *Abies religiosa* así como otras coníferas.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Fotografía I. 2 Fin del proyecto





Las imágenes de arriba muestran las condicones ambientales del punto final del proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, el cual corresponde al cadenamiento 4+000 (-99° 32' 46.118" longitud y 19° 33' 12.161" latitud). Cerca de dicho punto se encuentra un Criadero de Truchas denominado "Llano del Rayón

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

1.1.3 DURACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se pretende construir en un periodo de 5 años, la vida útil del mismo es de 50 años aproximadamente, aunque con las adecuadas medidas de prevención y mantenimiento se espera que la vida útil del proyecto se alargue indefinidamente.

I.2. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.

Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes.
Dirección General de Carreteras.
Centro SCT Estado de México

I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE.

[redacted]

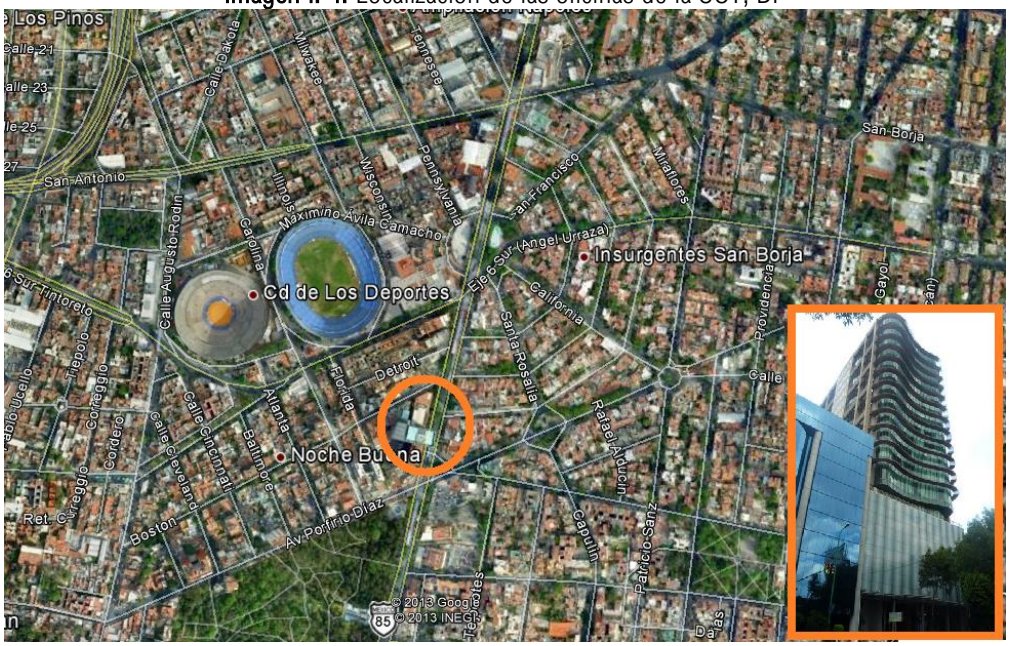
I.2.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL. EN SU CASO, ANEXAR COPIA CERTIFICADA DEL PODER CORRESPONDIENTE.

El Representante legal es el Ing. Salvador Fernández Ayala, quien funge como director general del Centro SICT Estado de México. En los anexos (Ver Anexo), se presenta copia del documento que lo acredita y su identificación oficial.

I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OÍR NOTIFICACIONES.

El domicilio para recibir notificaciones en la ciudad de México es: Insurgentes Sur, 1089, Col. Nochebuena, C.P. 03720, piso 17, Ala: Poniente México, Distrito Federal, [redacted] la localización del Centro SCT Estado de México es: Calle Igualdad No. 100, Delegación Santiago Tlaxomulco, 50030 Toluca de Lerdo, Méx. En la siguiente imagen se muestra la ubicación del Centro SCT, Estado de México

Imagen I. 4. Localización de las oficinas de la SCT, DF



Fuente: Google Earth

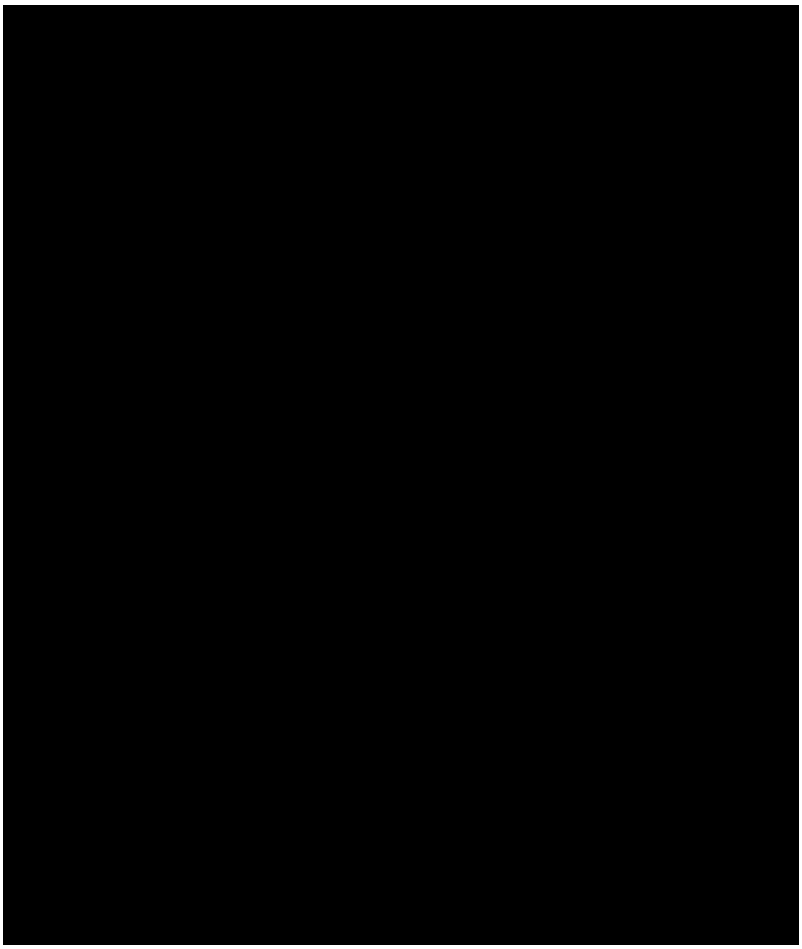
Imagen I. 5. Centro SCT Estado de México



Fuente: Google Maps

I.2.5 NOMBRE DEL CONSULTOR QUE ELABORÓ EL ESTUDIO.

El nombre de la empresa responsable de realizar la: MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Es la empresa Pimex Ingeniería S.R.L. de C.V., con RFC [redacted]. Cuyo responsable técnico corresponde al Ing. Oswaldo Lira Pérez, Ingeniero Civil, con número de cédula 11601798



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

I.2.6. Dirección del responsable técnico del estudio.

Huitzilin 55, 3P-501, José María Morelos y Pavón, 09230, Iztapalapa, Ciudad de México55 4191 2067, [redacted]

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

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 2

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA. 3
II.1.2 JUSTIFICACIÓN. 5
II.1.3 UBICACIÓN FISICA 5
II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 13

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 15

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO 28
II.2.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL 33
II.2.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL 34
II.2.4 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN. 35
II.2.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. 49
II.2.6 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES. 52
II.2.7 RESIDUOS. 52

INDICE DE TABLAS

Tabla II. 1 Coordenadas extremas del proyecto 9
Tabla II. 2 Coordenadas del proyecto 9
Tabla II. 3. Estimación de la Inversión Requerida Para el Desarrollo del Proyecto. 13
Tabla II. 4. Características del camino propuesto 16
Tabla II. 6. Diagrama de Gantt del cronograma de obra. 31
Tabla II. 7. Diagrama de Gantt del cronograma de obra (Continuación) 32
Tabla II. 8 Obras de drenaje menor 48
Tabla II. 9. Estimaciones de emisión durante la operación del proyecto. 54

INDICE DE IMÁGENES

Imagen II. 1. Localización Satelital del Proyecto 3
Imagen II. 2 Localización del proyecto en diversos ordenes de gobierno 6
Imagen II. 3. Vías de acceso 7
Imagen II. 4 Polígonos fragmentados aledaños al proyecto 17
Imagen II. 5 Vista de la planta y detalle del proyecto 18
Imagen II. 6 Tabla de contenido de ArcGis 19
Imagen II. 7. Proyección sobre la imagen Satelital 20
Imagen II. 8. Polígonos de afectación del proyecto 20
Imagen II. 9. Mapa de afectación del proyecto 22
Imagen II. 10. Sección Tipo. 23
Imagen II. 11. Bancos de Materiales cercanos al proyecto 25
Imagen II. 12. Vista del Km 0+000 al 2+000 26
Imagen II. 13 Vista del Km 2+000 al 4+620 27
Imagen II. 14. Sección Tipo del proyecto. 29
Imagen II. 15. Representación regional del proyecto 33
Imagen II. 16. Representación local del proyecto 34
Imagen II. 17. Esquema de la Estructura del pavimento. 36
Imagen II. 18. Obras de drenaje 48

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

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, a través del Centro SCT Estado de México, tiene contemplada la modernización de un carretera, el proyecto denominado: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Las características actuales del proyecto, se trata de una carretera alimentadora, con un ancho promedio de 6.46 metros, el proyecto consiste en la modernización del camino, para concluir en una vialidad Tipo D Mejorada, conforme a las características de la SCT se propone lo siguiente:

- Dos Carriles de 3.0 metros cada uno, para un ancho de corona y calzada de 6.0 metros
- Sin Acotamientos.
- Transito promedio diario anual de 500 vehículos.
- Topografía Lomerío con una pendiente máxima del 12%
- Velocidad de proyecto de 60 km/hrs.
- Pendiente gobernadora de 6.0%

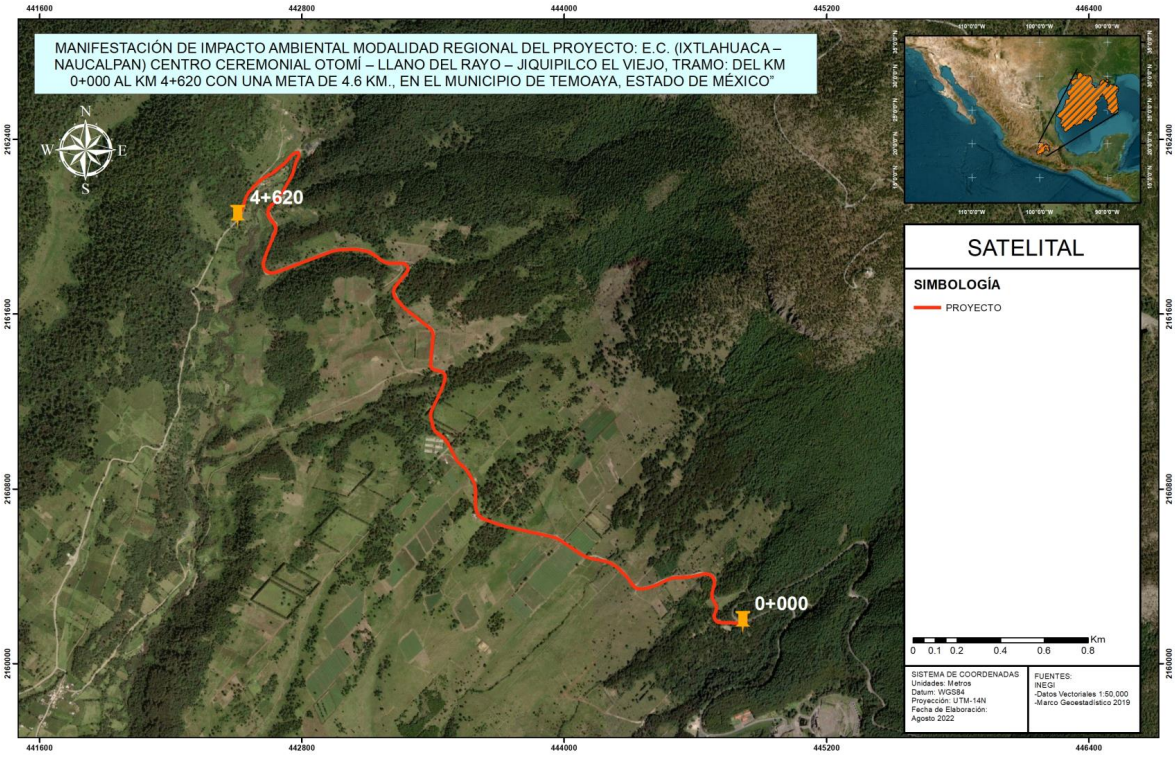
La sección estructural de la carretera está integrada por una capa de terraplén de altura variable, capa subyacente de 0.30 metros, una subrasante de 0.15 m, base hidráulica de 0.15 m y una carpeta asfáltica de 5 cm. Los taludes para utilizar son variables para el terraplén dependiendo de la altura que se tenga y para los cortes se emplearan taludes de ¾ X 1. Es importante mencionar que el proyecto contempla dos secciones para la superficie de rodamiento una asfaltada y una con material permeable, para cumplir con las restricciones normativas del Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Río Mayorazgo - Temoaya

Es importante el señalar que no existirán obras complementarias, no se requerirá de accesos provisionales ya que se utilizara el camino existente, únicamente será necesaria la instalación de campamentos en dado caso que así lo considere necesario la empresa constructora, ya que el trazo estará bien comunicado con las localidades, patios de maniobras y plantas de asfalto y la explotación de bancos de material pétreo.

Este proyecto no requerirá autorización en materia de cambio de uso de suelo, según la Ley Forestal vigente, ya que no habrá una remoción parcial de la vegetación de los terrenos forestales en una superficie mayor de 1,500 m^2, para mayor detalle de la afectación se recomienda ver el capítulo IV de la presente manifestación en el apartado de vegetación.

En la siguiente imagen se muestra la localización satelital del proyecto:

Imagen II. 1. Localización Satelital del Proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA.

El proyecto contempla la construcción de una carretera Tipo D Mejorado, el trazo cruza por el Municipio de Temoaya. El proyecto: "CAMINO REAL LOS NARANJOS – SAN MIGUEL LADERAS, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 2+000 CON UNA META DE 2.0 KM., EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DE LA SAL, ESTADO DE MÉXICO". consiste en la modernización de un camino alimentador, el cual será modernizado. El ancho del camino existente es de 6.46 metros y se contempla concluir en un camino con un ancho de corona y calzada de 6.0 metros, la topografía del proyecto corresponde a una sierra, por lo cual la línea de ceros presenta un ancho variable, el cual en promedio es de 2 metros por lado. La naturaleza del proyecto se enmarca dentro del sector de vías generales de comunicación, subsector de infraestructura carretera, tipo de proyecto: carreteras y autopistas y mismo será realizado por la Dirección General de Carreteras, con el objetivo de continuar con el desarrollo económico dentro de esta región, con la inclusión de caminos con mejores especificaciones técnicas, ofreciendo un rápido y seguro acceso a otros Municipios y Poblados importantes dentro de la Región., así como conectar las localidades aledañas a la zona urbana de Temoaya, así mismo será una vía segura y cómoda para el usuario que transita por esta vialidad, ya que la misma actualmente acuerdo a la Tipificación de Proyectos de Vías Generales de Comunicación, la clasificación con un camino Tipo E, para ser modernizado a un Camino tipo "D Mejorado", la ejecución del proyecto se encuentra señalada en el Apéndice VIII de la Guía para Elaborar Informes Preventivos y Manifestaciones de Impacto Ambiental de Proyectos de Vías Generales de Comunicación, por lo que la presente manifestación de impacto ambiental se presenta para su evaluación en cumplimiento a la regulación que establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 28 fracción I, que dice lo siguiente:

ART. 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

En función de lo anterior, el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, señala lo siguiente respecto a las obras o actividades que requieren previa autorización de la Secretaría en materia del impacto ambiental:

"CAPÍTULO II DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES QUE REQUIEREN AUTORIZACIÓN EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL Y DE LAS EXCEPCIONES"
ARTICULO 5.
Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN:
Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales…"

El proyecto corresponde a la modernización de un camino a nivel de terracería, el cual concluirá en un camino Tipo D Mejorado. El proyecto contempla afectación a suelo forestal, pero dicha afectación no será en una superficie mayor de 1,500 m^2. Adicionalmente en la zona se presenta una fragmentación de la vegetación forestal y la incidencia del proyecto es mínima de modo tal que no se requiere presentar un Estudio Técnico Justificativo. Aunque es importante el señalar que dentro de Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; en el artículo 3° de esta ley establece; "…son parte de las vías generales de comunicación los terrenos necesarios para el derecho de vía, las obras, construcciones y demás bienes y accesorios que integran las mismas", por lo que se tendrá una indemnización correspondiente a los propietarios de dichos terrenos.

II.1.2 JUSTIFICACIÓN.

La construcción de la Carretera, tiene como objetivo principal la optimización de tiempo de recorrido de las personas que circulan por dicha vía, involucrando también todas las poblaciones y congregaciones a su paso, la principal función del proyecto es abatir los gastos innecesarios y poco redituables del mantenimiento así como la modernización y la consolidación de la imagen urbana de la región de manera que los municipios cercano se comuniquen de forma más eficiente en cuanto a cantidad, calidad y tiempo; Así mismo es importante mencionar que la Carretera es aledaña a la zona urbana de Temoaya y localidades como San Pedro Arriba, San Pedro Abajo y Juquipilco el transito promedio diario ha quedado superado a las características de la actual carretera, por lo que modernización de la superficie de rodamientos y de la corona actual permitirá beneficiar la movilidad de la región. Esta nueva vía ayudará a mejorar las condiciones económicas de las poblaciones cercanas a ella y ofrecerá mayor seguridad, eficiencia y comodidad en el transporte de productos y pasajeros, así mismo será un importante apoyo para el desarrollo de los Municipios y Localidades y beneficiará de manera secundaria a las poblaciones más alejadas de esta zona.

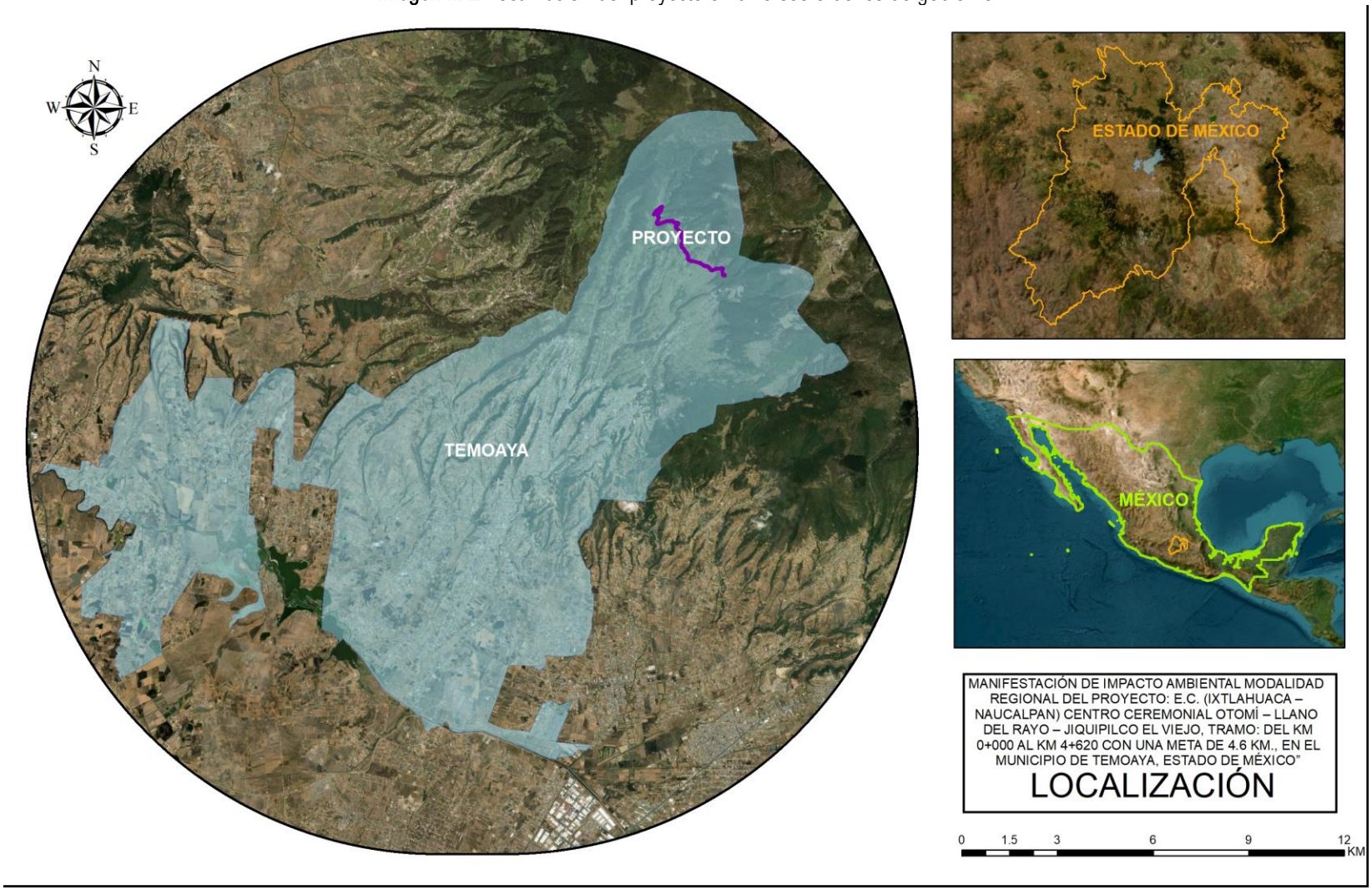
En conclusión, se pretende reducir los tiempos de recorrido, mejorar los niveles de servicio con una mayor seguridad, con respecto a las rutas actuales de transporte e impulsar el desarrollo económico regional. Aunado a lo anterior es importante señalar que el proyecto se desarrolla sobre el actual camino y el ancho de este es suficiente para el desarrollo del proyecto. La afectación a elementos arbóreos es requerida para el proyecto, pero se propondrán medidas de mitigación, compensación y restauración para los impactos significativos que se identifiquen en el proyecto.

II.1.3 UBICACIÓN FISICA

El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, como su nombre lo indica se desarrolla en el Estado de México, del cual se menciona lo siguiente: Se ubica en la porción sureste de la República Mexicana, en la meseta central del país, rodeando por el norte, el oriente y el poniente a la Ciudad de México; entre las coordenadas 18º 21' y 20º 17' de latitud norte y 98º 36' y 100º 36' de longitud oeste, a una altura de 2,683 msnm. Limita con los estados de Querétaro e Hidalgo; al sur con Guerrero y Morelos al norte; con Puebla y Tlaxcala al este; con Guerrero y Michoacán al oeste. La extensión territorial del estado es de 22,500 km^2, lo que representa el 1.1 % de la superficie del país. El 38.1% de su superficie es de uso agrícola, el 34.9% forestal, 16.7% pecuario y el restante 10.3% responde a un uso industrial y urbano; mientras que, en materia de tenencia de la tierra, el 40.32% de la superficie es ejidal. La división política del estado comprende 125 municipios, de estos de Temoaya con clave Geoestadística 087 es el municipio donde se ubica este proyecto.

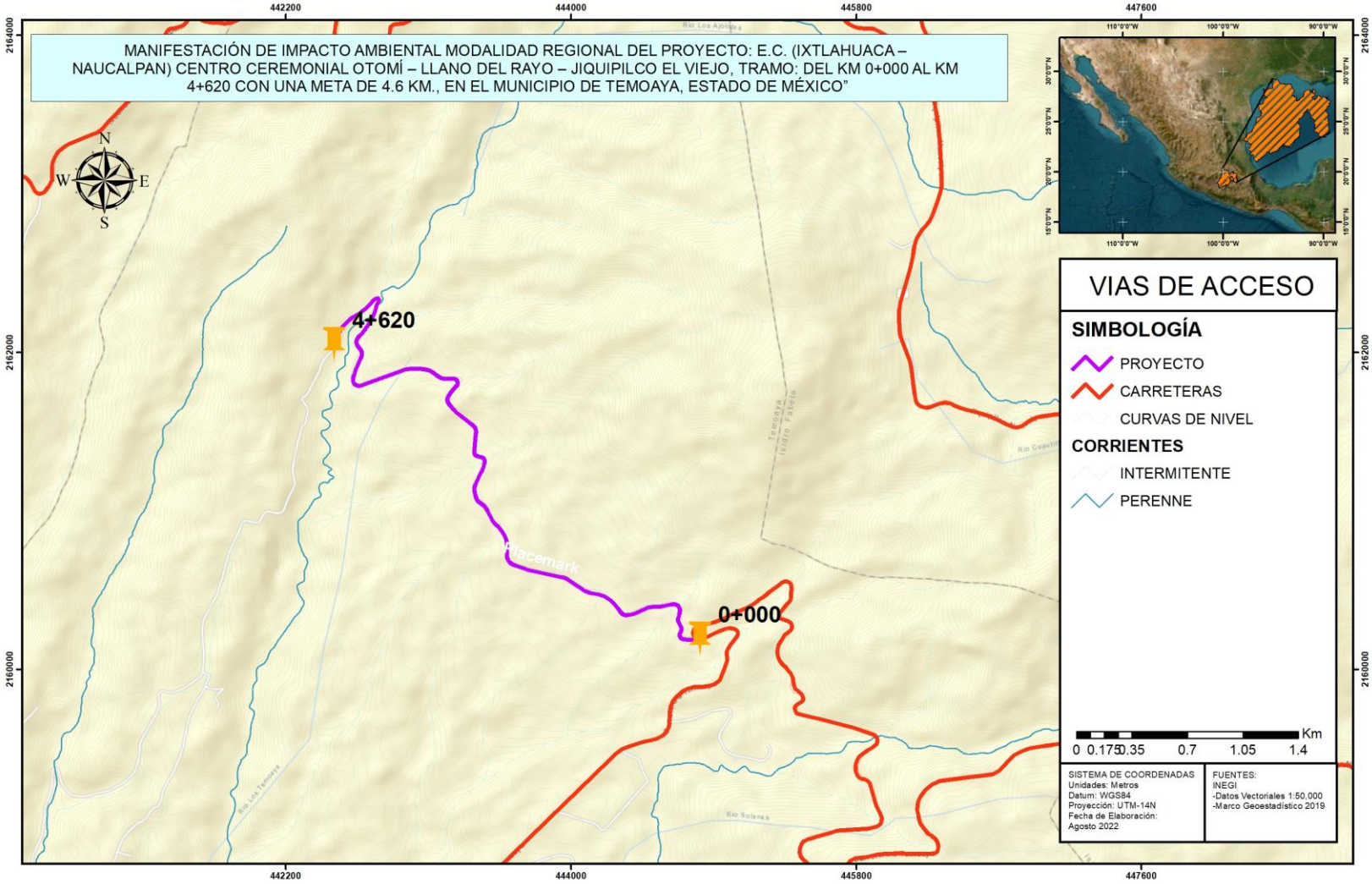
- El municipio de Temoaya se localiza en la parte centro-norte del Estado de México, la superficie territorial de dicho municipio es de aproximadamente 199.63 km^2 que equivalen al 0.88% de la superficie del estado. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 19° 28' 50" latitud norte y 99° 36' 12" longitud oeste, a una altitud promedio de 2,680 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Jiquipilco y Nicolás Romero, al sur con Toluca y Otzolotepec, al este con Isidro Fabela y nuevamente con los municipios de Jilotzingo y con Otzolotepec, mientras que al oeste con los municipios de Ixtlahuaca y Almoloya de Juárez. El nombre de "Temoaya" significa "lugar donde se desciende o cuesta abajo" y de acuerdo con datos que del INEGI (del conteo de población 2010) el número de habitantes del municipio es de 90,011.

Imagen II. 2 Localización del proyecto en diversos ordenes de gobierno



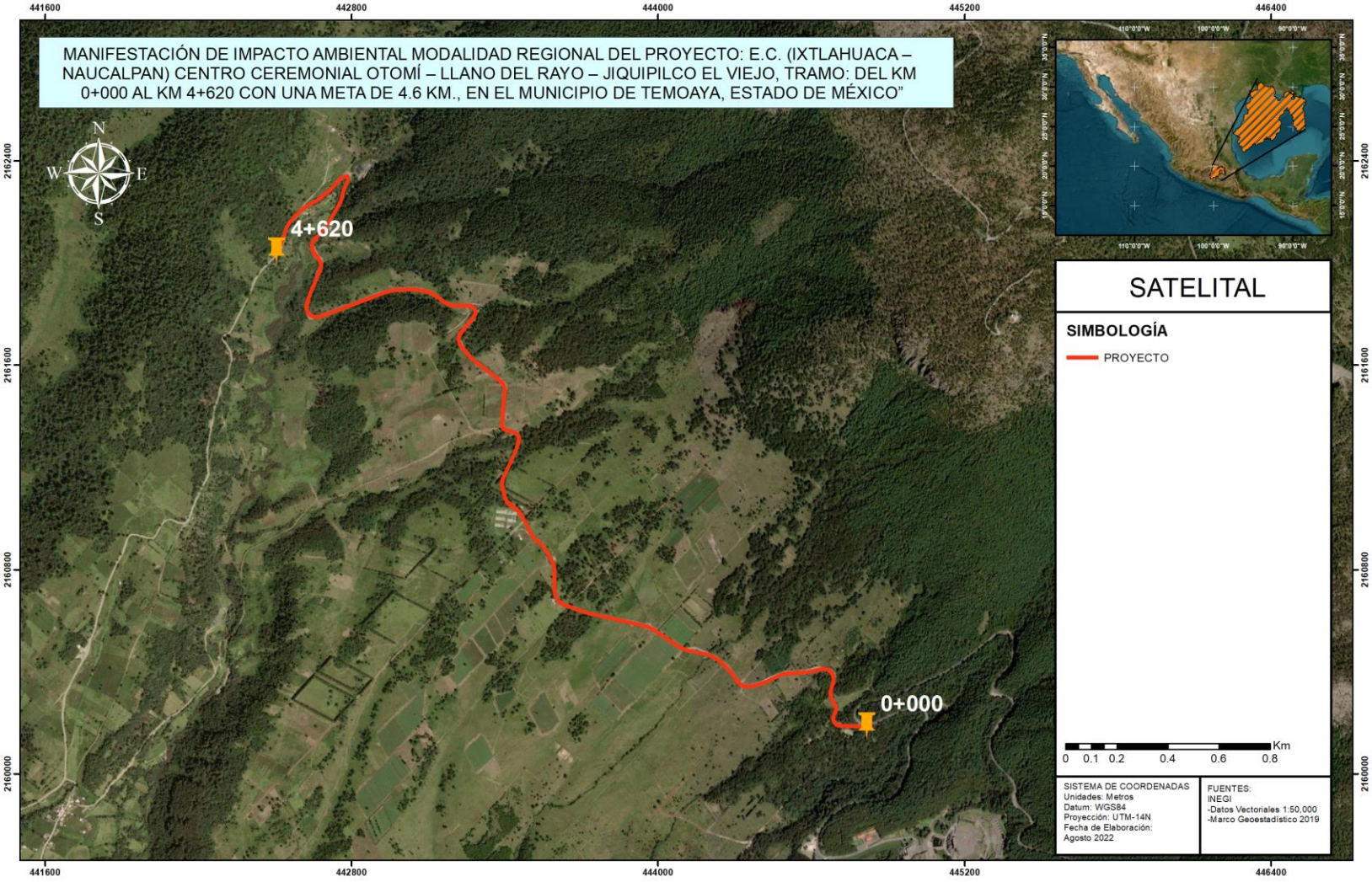
Fuente: PIMEX, 2022

Imagen II. 3. Vías de acceso



Fuente: PIMEX, 2022

Imagen I. 1. Vista Satelital del Proyecto



Fuente: PIMEX, 2022

El proyecto consiste en la modernización de un camino alimentador, el cual se encuentra a nivel de terracería y será modernizado a un camino Tipo D Mejorado, conforme a las especificaciones de la SCT, para concluir en un camino con un ancho de corona y de calzada de 6.0 metros. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas calculadas con el Datum WGS84 Zona 14.

Tabla II. 1 Coordenadas extremas del proyecto

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS)		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
0+000 (Inicio)	444813	2160191	-99° 31' 33.753"	19° 32' 8.625"
4+620 (Fin)	442517	2162065	-99° 32' 52.734"	19° 33' 9.347"

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Tabla II. 2 Coordenadas del proyecto

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS) ESTE	NORTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS LONGITUD	LATITUD
0+000	444813	2160191	-99° 31' 33.753"	19° 32' 8.625"
0+100	444714	2160197	-99° 31' 37.163"	19° 32' 8.791"
0+200	444698	2160272	-99° 31' 37.706"	19° 32' 11.254"
0+300	444691	2160363	-99° 31' 37.961"	19° 32' 14.219"
0+400	444623	2160416	-99° 31' 40.315"	19° 32' 15.908"
0+500	444524	2160400	-99° 31' 43.684"	19° 32' 15.406"
0+600	444427	2160372	-99° 31' 47.004"	19° 32' 14.482"
0+700	444336	2160352	-99° 31' 50.148"	19° 32' 13.797"
0+800	444270	2160423	-99° 31' 52.396"	19° 32' 16.116"
0+900	444184	2160476	-99° 31' 55.369"	19° 32' 17.825"
1+000	444089	2160501	-99° 31' 58.630"	19° 32' 18.629"
1+100	444006	2160556	-99° 32' 1.480"	19° 32' 20.407"
1+200	443913	2160594	-99° 32' 4.682"	19° 32' 21.639"
1+300	443815	2160615	-99° 32' 8.036"	19° 32' 22.328"
1+400	443718	2160638	-99° 32' 11.366"	19° 32' 23.051"
1+500	443627	2160673	-99° 32' 14.520"	19° 32' 24.171"
1+600	443599	2160759	-99° 32' 15.460"	19° 32' 26.961"
1+700	443578	2160857	-99° 32' 16.202"	19° 32' 30.162"
1+800	443514	2160934	-99° 32' 18.410"	19° 32' 32.646"
1+900	443467	2161021	-99° 32' 20.044"	19° 32' 35.487"
2+000	443404	2161094	-99° 32' 22.207"	19° 32' 37.862"
2+100	443412	2161187	-99° 32' 21.953"	19° 32' 40.882"
2+200	443452	2161279	-99° 32' 20.584"	19° 32' 43.888"
2+300	443409	2161351	-99° 32' 22.046"	19° 32' 46.206"
2+400	443399	2161435	-99° 32' 22.404"	19° 32' 48.950"
2+500	443394	2161536	-99° 32' 22.590"	19° 32' 52.233"

CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM (METROS) ESTE	NORTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS LONGITUD	LATITUD
2+600	443315	2161598	-99° 32' 25.300"	19° 32' 54.229"
2+700	443244	2161666	-99° 32' 27.757"	19° 32' 56.435"
2+800	443250	2161748	-99° 32' 27.556"	19° 32' 59.099"
2+900	443286	2161836	-99° 32' 26.335"	19° 33' 1.984"
3+000	443186	2161843	-99° 32' 29.774"	19° 33' 2.214"
3+100	443100	2161893	-99° 32' 32.733"	19° 33' 3.826"
3+200	442999	2161902	-99° 32' 36.196"	19° 33' 4.089"
3+300	442900	2161880	-99° 32' 39.572"	19° 33' 3.362"
3+400	442806	2161845	-99° 32' 42.787"	19° 33' 2.225"
3+500	442713	2161810	-99° 32' 46.003"	19° 33' 1.088"
3+600	442629	2161800	-99° 32' 48.859"	19° 33' 0.741"
3+700	442646	2161893	-99° 32' 48.296"	19° 33' 3.774"
3+800	442682	2161985	-99° 32' 47.071"	19° 33' 6.756"
3+900	442652	2162074	-99° 32' 48.113"	19° 33' 9.651"
4+000	442710	2162151	-99° 32' 46.118"	19° 33' 12.161"
4+100	442761	2162238	-99° 32' 44.398"	19° 33' 15.004"
4+200	442790	2162337	-99° 32' 43.420"	19° 33' 18.236"
4+300	442709	2162284	-99° 32' 46.194"	19° 33' 16.482"
4+400	442627	2162228	-99° 32' 48.982"	19° 33' 14.663"
4+500	442554	2162158	-99° 32' 51.499"	19° 33' 12.378"
4+620	442517	2162065	-99° 32' 52.734"	19° 33' 9.347"

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

El proyecto se trata de la modernización de un camino a nivel de terracería, para ser asfaltado, el eje se respetará en donde el camino así lo permita, para que el camino cuente con las especificaciones de una vialidad Tipo D Mejorado, de acuerdo con las clasificaciones de la SICT. La obra inicia en los límites del Centro Ceremonial Otomí, en donde conecta con la Carretera Estatal T.C. (Ixtlahuaca de Rayón – Naucalpan) -Temoaya y continua 4.0 kilómetros al noroeste. De manera específica el proyecto se desarrolla en un relive de Sierra, específicamente de sierra volcánica con estrato volcanes, el cual pertenece a la subprovincia fisiográfica "Lagos y volcanes de Anáhuac" y a la Provincia X del Eje Neovolcanico. El uso de suelo y vegetacion corresponde a Bosque de Oyamel del cadenamiento del camino 0+000 al 0+250 y del 0+250 al 4+000 a Pastizal Inducido de acuerdo con la información del INEGI, Serie VII (2021) y a la corroboración de dicha información en campo.

Fotografías 1 Inicio del proyecto





Se pueden observar las condiciones del punto de inicio 0+000 del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., la cual se origina en la intersección del camino con la carretera estatal T.C. (Ixtlahuaca de Rayón – Naucalpan) – Temoaya, en las coordenadas geográficas -99° 31' 33.753" de longitud y 19° 32' 8.625" de latitud, a 3,228 metros sobre el nivel medio del mar, sobre un suelo de tipo Luvisol característico por ser suelos desarrollados en zonas con suaves pendientes los cuales tienen altos contenidos de arcillas, en un clima semifrío subhúmedo con precipitaciones medias anuales de alrededor de 1,200 milímetros y con temperaturas anuales en promedio de 10 °C en el que se encuentra una vegetación de Bosque de Oyamel con predominancia de la especie *Abies religiosa* así como otras coníferas.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Fotografías 2 Fin del proyecto





Las imágenes de arriba muestran las condicones ambientales del punto final del proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, el cual corresponde al cadenamiento 4+000 (-99° 32' 46.118" longitud y 19° 33' 12.161" latitud). Cerca de dicho punto se encuentra un Criadero de Truchas denominado “Llano del Rayón

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA

El costo total de la obra civil se estima en más de 31 millones de pesos, los cuales se desglosan en la siguiente tabla:

Tabla II. 3. Estimación de la Inversión Requerida Para el Desarrollo del Proyecto.

Etapa	Actividad	Monto estimado	Periodo de ejecución
Asignación presupuestal	Licitaciones y asignación de recursos	103,500.00	
Estudios y Proyectos previos	Proyecto Ejecutivo	80,500.00	Del mes 1 al 15
	Estudios requeridos ante todas las dependencias	460,000.00	Del mes 6 al 38
Preparación del Sitio	Trazo del eje	46,000.00	mes 39
	Obtención de las autorizaciones	539,350.00	Del mes 16 al 36
	Adquisición del derecho de vía (liberación)	69,000.00	Del mes 16 al 20
	Licitación de obra.	69,000.00	Del mes 15 al 16
	Despalme	1,725,000.00	Del mes 16 al 20
	Utilización de bancos de material	1,035,000.00	Del mes 16 al 36
	Medidas de Prevencion	345,000.00	Del mes 16 al 25
Construccion	Terracerías	2,439,150.00	Del mes 39 al 54
	Cortes y excavación	2,035,500.00	Del mes 39 al 43
	Compactaciones	2,208,000.00	Del mes 41 al 45
	Formación de la capa subrasante	2,495,500.00	Del mes 46 al 49
	Base Hidráulica	4,728,340.00	Del mes 49 al 53
	Colocación de Carpeta asfáltica	6,099,600.00	Del mes 53 al 54

Etapa	Actividad	Monto estimado	Periodo de ejecución
	Riego de impregnación y liga.	4,105,500.00	Del mes 53 al 54
	Obras de drenaje	1,736,500.00	Del mes 39 al 54
	Acarreos	172,500.00	Del mes 39 al 45
	Señalamiento	40,250.00	mes 54
	Medidas de mitigacion	633,650.00	Del mes 39 al 54
Desmantelamiento	Retiro de plantas de concreto asfáltico e hidráulicos.	102,810.00	Del mes 55 al 56
	Rehabilitación de sitios usados para plantas asfálticas	34,500.00	Del mes 55 al 56
	Desmantelar almacén temporal.	11,500.00	mes 57
	Retirar por completo el material inerte y cualquier derrame de asfalto, cemento, concreto asfáltico o hidráulico.	11,500.00	Del mes 57 al 58
	Limpieza General de áreas utilizadas.	11,500.00	Del mes 58 al 60
	Medidas de compensacion	539,350.00	Del mes 55 al 60
Operación y mantenimiento	Inspección de las condiciones del camino	2,300.00	Del mes 60 en adelante
	Mantenimiento menor	5,750.00	Del mes 60 en adelante
	Limpieza y deshierbe periódico	2,760.00	Del mes 60 en adelante
TOTAL		31,878,000.00	

Fuente: SCT 2022

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, a través del Centro SCT Estado de México, tiene contemplada la modernización de un carretera, el proyecto denominado: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO Las características actuales del proyecto, se trata de una carretera alimentadora, con un ancho promedio de 6.46 metros, el proyecto consiste en la modernización del camino, para concluir en una vialidad Tipo D Mejorada, conforme a las características de la SCT se propone lo siguiente:

- Dos Carriles de 3.0 metros cada uno, para un ancho de corona y calzada de 6.0 metros
- Sin Acotamientos.
- Transito promedio diario anual de 500 vehículos.
- Topografía Lomerío con una pendiente máxima del 12%
- Velocidad de proyecto de 60 km/hrs.
- Pendiente gobernadora de 6.0%

La sección estructural de la carretera está integrada por una capa de terraplén de altura variable, capa subyacente de 0.30 metros, una subrasante de 0.15 m, base hidráulica de 0.15 m y una carpeta asfáltica de 5 cm. Los taludes para utilizar son variables para el terraplén dependiendo de la altura que se tenga y para los cortes se emplearan taludes de ¾ X 1. Es importante mencionar que el proyecto contempla dos secciones para la superficie de rodamiento una asfaltada y una con material permeable, para cumplir con las restricciones normativas del Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Río Mayorazgo - Temoaya

Es importante el señalar que no existirán obras complementarias, no se requerirá de accesos provisionales ya que se utilizara el camino existente, únicamente será necesaria la instalación de campamentos en dado caso que así lo considere necesario la empresa constructora, ya que el trazo estará bien comunicado con las localidades, patios de maniobras y plantas de asfalto y la explotación de bancos de material pétreo.

Este proyecto no requerirá autorización en materia de cambio de uso de suelo, según la Ley Forestal vigente, ya que no habrá una remoción parcial de la vegetación de los terrenos forestales en una superficie mayor de 1,500 m^2, para mayor detalle de la afectación se recomienda ver el capítulo IV de la presente manifestación en el apartado de vegetación.

En la siguiente tabla se presenta la comparativa del camino existente y la modernización propuesta:

Tabla II. 4. Características del camino propuesto.

Especificaciones geométricas	Camino actual	Proyecto (modernización)
Tipo de camino	E	D Mejorado
Ancho del Derecho de Vía (m)	20 metros a cada lado	20 metros a cada lado
Longitud	4,620 metros	4,620 metros
Ancho de línea entre ceros (m)	---	---
Ancho de la calzada (m)	6.46 metros	6.0 metros
Ancho de corona (m)	6.46 metros	Variable, dos metros en promedio
Número y ancho de carriles	2 de 3.0 metros en promedio	2 de 3.0 metros
Acotamiento	Sin Acotamiento	Sin Acotamiento
Superficie Afectación Ancho de Corona		10569.13
Superficie Afectación línea de Ceros		12266.83
Superficie Total de Afectación		22835.96
Superficie Total Ancho de Corona		31327.57
Superficie Total Camino Existente		20758.44
Superficie Vegetación Forestal		1127.11
Superficie Total de Ocupación del Proyecto		43594.40

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Como se ha mencionado anteriormente el camino existente se encuentra a nivel de terracería y presenta un ancho promedio de 6.46 metros, aunque será necesaria la apertura en algunos cadenamientos para la línea de ceros y alcanzar los radios de giro adecuados para el proyecto, para poder determinar las superficies de afectación se realizo una superposición de las plantas arquitectónicas con la cobertura de uso de suelo y vegetación del INEGI, en este apartado es importante mencionar que la vegetación forestal que será afectada se presenta al inicio del proyecto y la misma presenta altos grados de fragmentación aunque se considera conforme a lo señalado por el INEGI al momento de los cálculos, la afectación del bosque se realiza únicamente en los hombros del camino y en individuos aislados, de modo tal que no se considera como una superficie de afectación forestal, en la siguiente imagen se muestran los polígonos fragmentados del bisque al inicio del proyecto.

Imagen II. 4 Polígonos fragmentados aledaños al proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

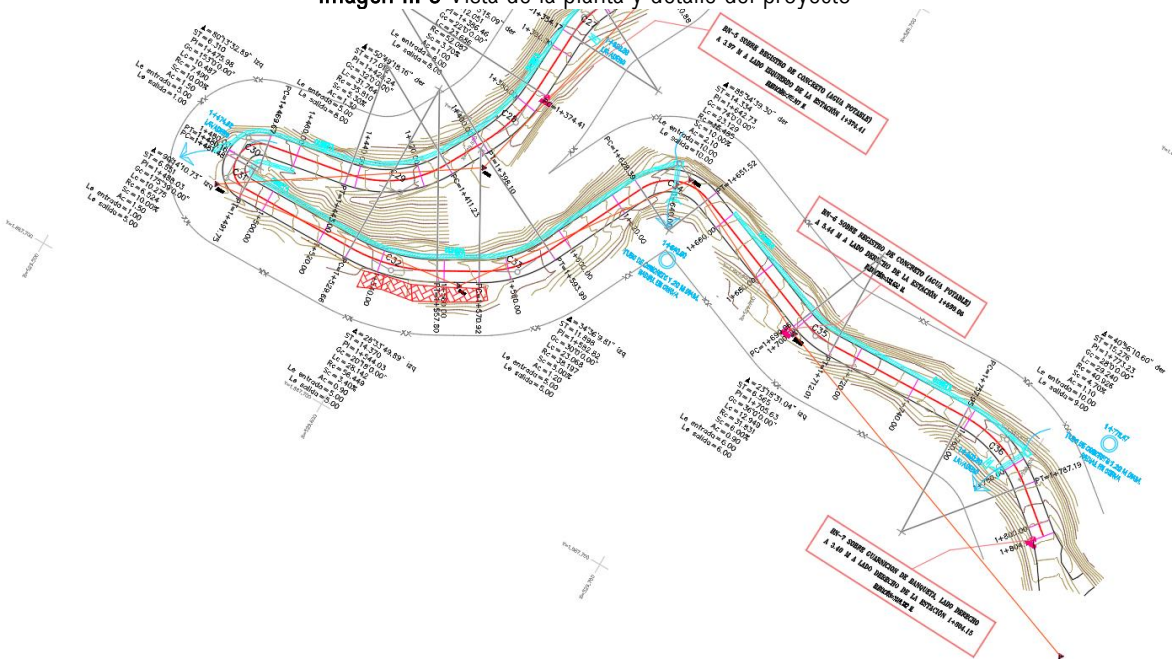
PROCESO DE DELIMITACION DE LA SUPERFICIE DE AFECTACION.

Para desarrollar de una manera más confiable la delimitación de las superficies de afectación del proyecto, se utilizan los siguientes insumos:

- Planta topográfica
- Proyecto Geométrico

El primer proceso es georreferenciar dichos archivos, las plantas arquitectónicas que se entregan en formato *.dwg*, una vez georreferenciados dichos archivos en el programa AutoCAD Map, se deben de identificar los elementos de importancia en el proyecto.

Imagen II. 5 Vista de la planta y detalle del proyecto



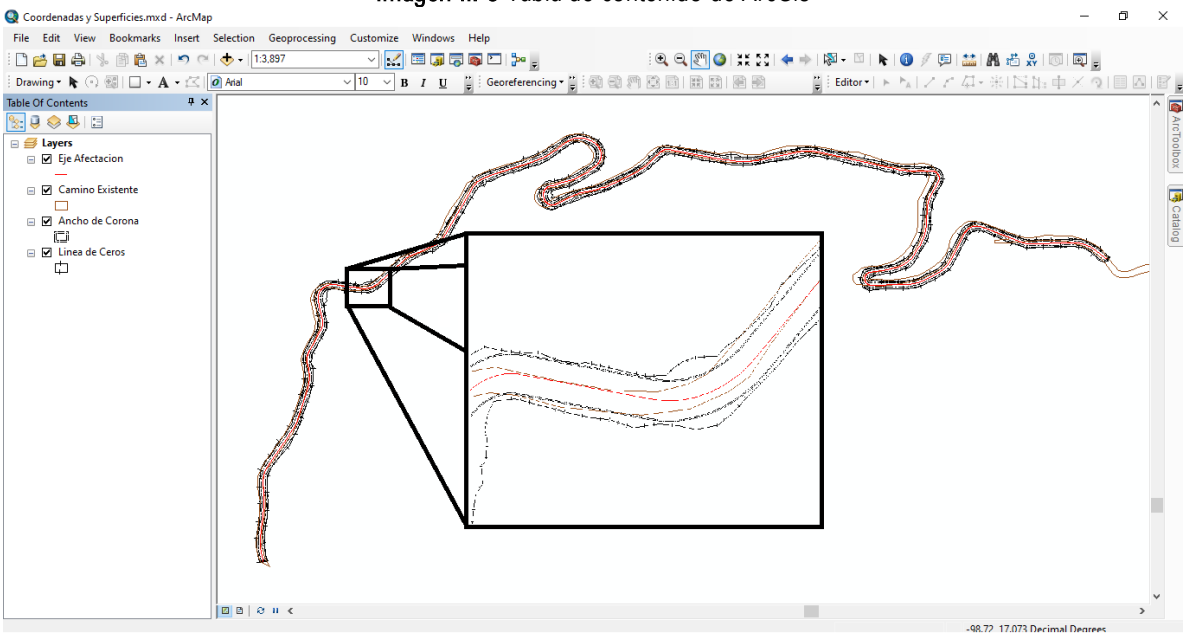
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Los elementos que se deben de identificar son los siguientes:

- Eje del proyecto
- Ancho de calzada del proyecto
- Línea de Ceros
- Camino Existente

Una vez identificados dichos elementos, los cuales se tratan de archivos vectoriales de formato de línea son exportados a un formato *shapefile*, para posteriormente ser tratados desde el software *ArcGis*, en la siguiente imagen se muestra la vista de contenido de dicho software.

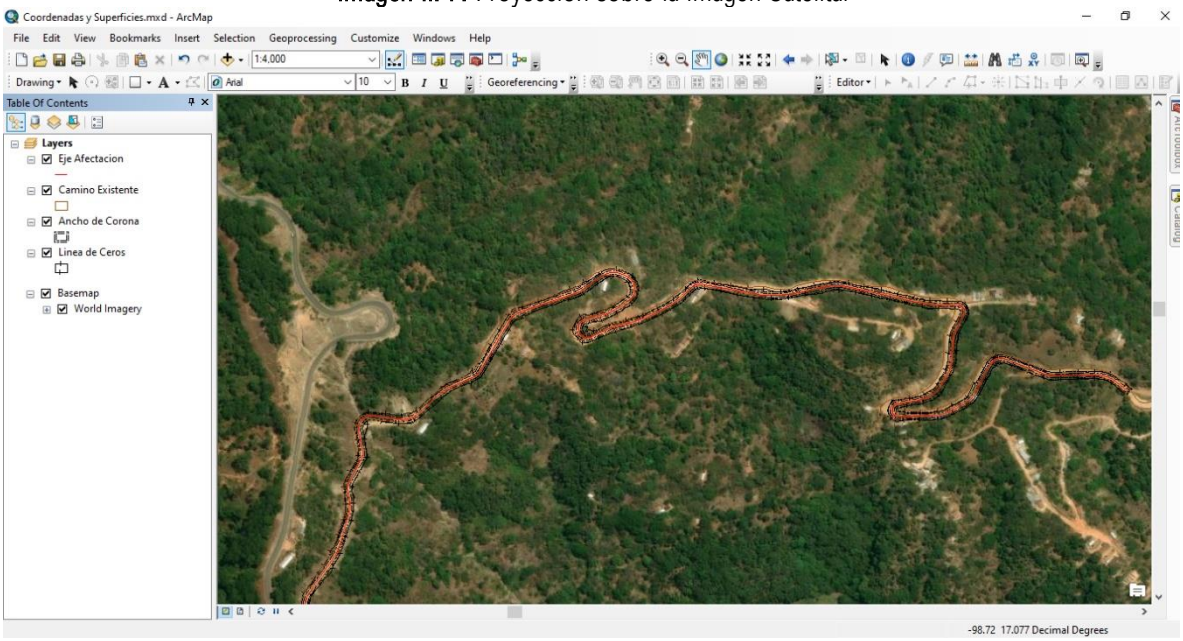
Imagen II. 6 Tabla de contenido de ArcGis



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Como se puede apreciar en la imagen anterior, una vez georreferenciado el proyecto se puede apreciar claramente las superficies que se afectaran en la ejecución de la obra, ya que al contar con el camino existente y el proyecto de la modernización propuesto se identifican claramente las áreas de afectación por la modernización del ancho de corona en caso de ser requeridas, pero adicionalmente se considera la línea de ceros, ya que por el proceso constructivo de la carretera, muchas veces los pateos se extienden y dichas superficies deben ser consideradas. En la siguiente imagen se aprecia la proyección satelital que permite la interfaz del proyecto, en la cual se puede apreciar como el proyecto coincide de manera favorable con la imagen satelital

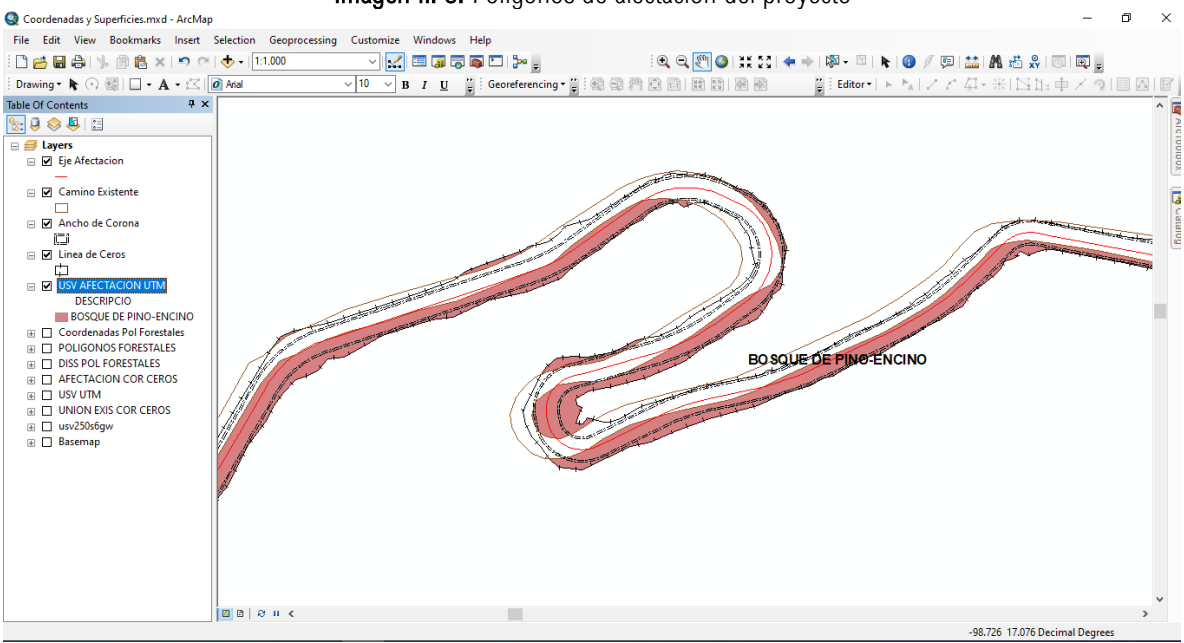
Imagen II. 7. Proyección sobre la imagen Satelital



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Finalmente, con dichas líneas se general los polígonos de afectación, mismos que serán las superficies de ocupación del proyecto: "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". y una vez que se obtienen los polígonos y con ayuda de la cobertura del INEGI de Uso de Suelo y Vegetación se identifica el tipo de Vegetación que generará el proyecto.

Imagen II. 8. Polígonos de afectación del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Una vez realizados los cálculos para el proyecto, se presentan las siguientes tablas con el resumen de las superficies que serán afectadas por el desarrollo del proyecto, en una primera instancia se presenta la afectación para alcanzar el ancho de corona

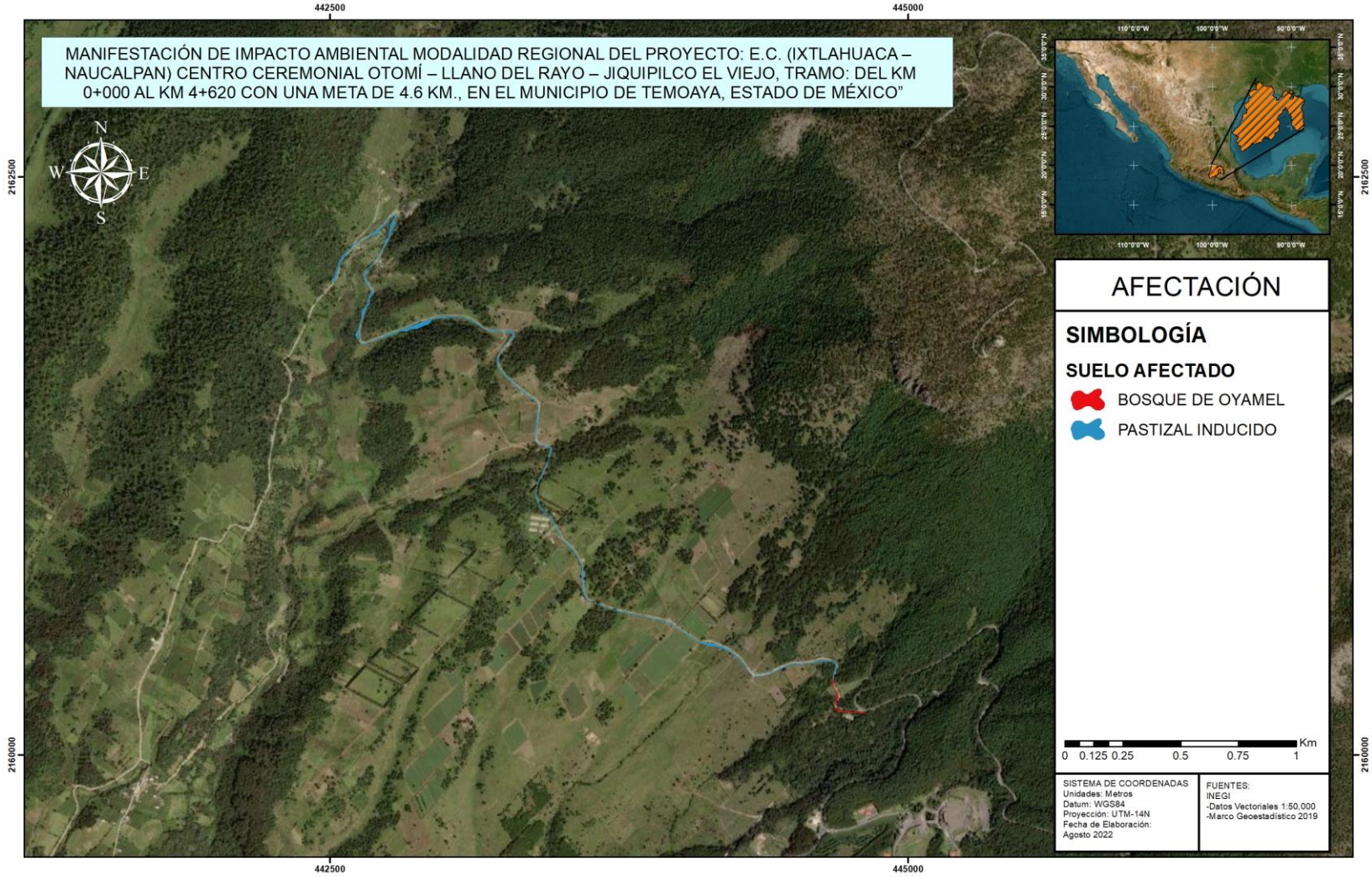
SUPERFICIE DE AFECTACIÓN ANCHO DE CORONA			
CLAVE	DESCRIPCIÓN	m2	Ha
BA	BOSQUE DE OYAMEL	643.03	0.0643
PI	PASTIZAL INDUCIDO	9,926.10	0.9926
		10569.13	**1.0569**

Para poder determinar de manera adecuada la totalidad de la superficie de afectación del proyecto: "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO", también se calcula la afectación en la línea de ceros obteniendo los siguientes resultados:

SUPERFICIE DE AFECTACIÓN LINEA DE CEROS			
CLAVE	DESCRIPCIÓN	m2	Ha
BA	BOSQUE DE OYAMEL	484.08	0.0484
PI	PASTIZAL INDUCIDO	11,782.75	1.1783
		12,266.83	**1.2267**

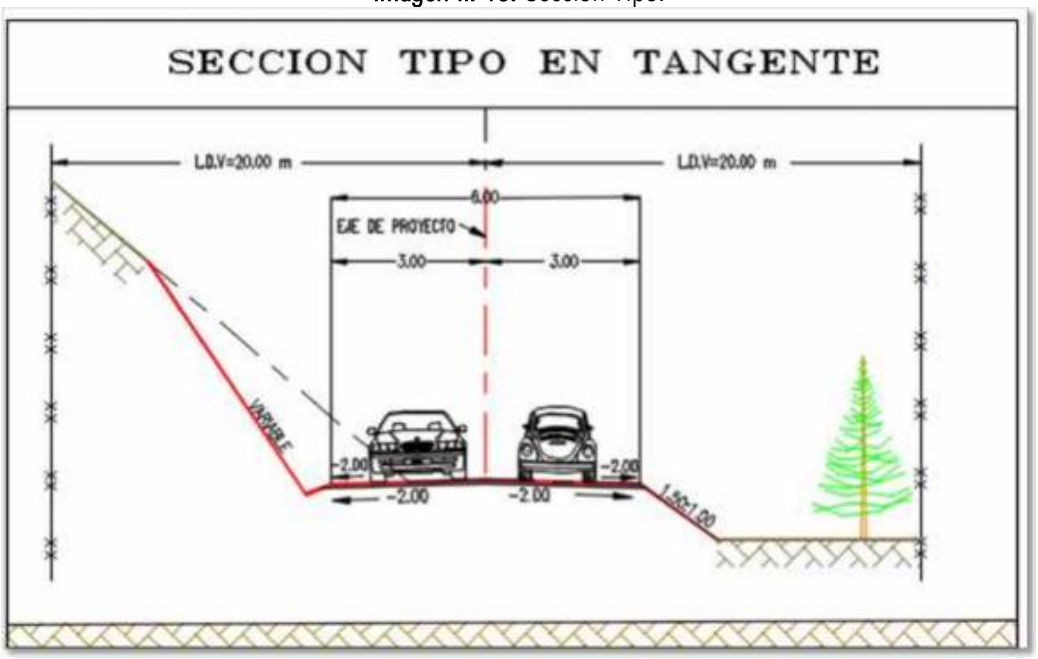
Como se puede apreciar en la tabla anterior, solo el 4.93 % del proyecto incide en vegetación de bosque de Oyamel y el mismo se presenta en un grado de fragmentación como se explico anteriormente, por lo que no se requiere presentar estudio de cambio de uso de suelo, en el siguiente mapa se presenta la afectación identificada en el proyecto.

Imagen II. 9. Mapa de afectación del proyecto



Fuente: PIMEX, 2022

Imagen II. 10. Sección Tipo.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

No se requerirán servicios complementarios, ya que el proyecto se desarrollará en un área donde existen todos los servicios y se encuentra bien comunicado. En el caso de la apertura de nuevos accesos provisionales, la empresa que realice la obra deberá tomar en cuenta no dañar al ecosistema y solo abrir las superficies necesarias. No se conoce la ubicación, ni las dimensiones de estos accesos provisionales, ya que es la empresa constructora quien los determina según los procedimientos constructivos que haya planteado en su propuesta técnica y económica para la licitación de obra. Por lo tanto, en la parte correspondiente a las medidas de mitigación en este documento, se plantean acciones específicas para estos casos.

Se contará con patios de maquinaria y almacenes en los frentes de obra, los cuales también cumplirán con las especificaciones señaladas en el Manual Operativo. Su ubicación deberá estar fuera de los centros de población y estará avalado por la supervisión y las autoridades municipales.
Además del movimiento de tierras para la construcción de los terraplenes y la realización de cortes, se tienen las obras de drenaje superficial, como los lavaderos, bordillos y cunetas, cuya construcción requiere de concreto hidráulico. Para la construcción de las capas del pavimento se requerirá material de banco, es decir roca de buena calidad con diferente calibre de cribado, principalmente para las capas de base y carpeta asfáltica que se construye con cemento asfáltico.

La electricidad necesaria para el funcionamiento de algunos equipos como los de soldadura, alumbrado y para el alumbrado de las zonas de uso común, se abastecerá mediante plantas de luz portátiles de combustión interna. Se requerirá de un sistema de 2,500 watts. El voltaje será 220 voltios.

El combustible a utilizar será básicamente gasolina y diésel para el funcionamiento de vehículos, maquinaria y equipo. En la etapa de construcción se abastecerá de combustible en recipientes de metal o plástico que eviten pérdidas por evaporación y sean seguros para el transporte del mismo hasta donde la maquinaria o dispositivo lo

necesite; para ello se contemplarán sitios de almacenaje en los patios de maniobras o talleres donde se almacena alguna cantidad en condiciones de seguridad y donde resulte más económico y práctico llevar a cabo el almacenaje, en las condiciones adecuadas y de seguridad aplicables, para el funcionamiento de la maquinaria en los frentes de trabajo.

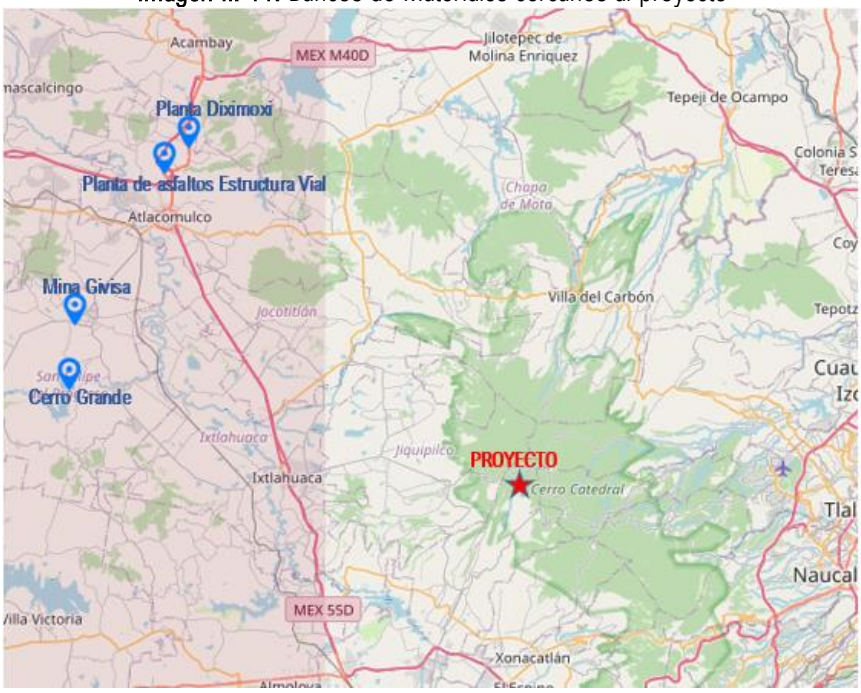
Con base en el reglamento de PEMEX, el reglamento de Transporte Terrestre de la SCT y a la NOM-002-SCT2-1994, NOM-020-SCT2-1994 y a LGEEPA, el máximo volumen a transportar dentro de vehículos del Servicio Público Federal o particulares autorizados para el servicio de movilización de gasolina es 20,000 litros a un punto no autorizado por PEMEX, adicionalmente los lugares de expedición sólo podrán guardar en tambos de 55 galones y se recomienda que hasta un máximo de tres días de operación para minimizar condiciones de riesgo por conflagraciones, puesto que el riesgo de detonaciones no está contemplado, adicionalmente se deberán tomar precauciones por los riesgos ocupacionales que implica el manejo de combustibles. Los volúmenes requeridos en esta etapa del proyecto serán de aproximadamente 430 barriles de diésel y 410 barriles de gasolina, mismos que se suministrarán de acuerdo a la demanda de consumo que se tenga durante el avance de obra.

Se requerirá agua potable para consumo humano y agua cruda para la construcción (riegos, mezclas, etc.), ésta será suministrada a los frentes de trabajo en pipas de agua y bidones de plástico para el uso de los trabajadores. Se estima que en esta etapa del proyecto se requerirán del orden de 22 m^3/ día. Parte de los servicios que requiera el proyecto podrán ser abastecidos los Municipios aledaños al proyecto. Para el trabajo de terracerías se requieren en promedio 46 m^3/día, esta cantidad de agua contempla conformación de terraplenes en obra y bancos de tiro, así como en la conformación de subrasante y compactación en corte.

Se cumplirán con las condiciones de salubridad e higiene mediante el uso de sanitarios portátiles suficientes para los trabajadores (1 por cada 20), arrendados a empresas especializadas en su manejo.

El proyecto asociado a la construcción de una carretera está invariablemente sujeto al uso de bancos de materiales. Muchos de éstos se encuentran en explotación, y están contenidos en el inventario de la S.C.T. *ex profeso*. Estos últimos serán lo que se emplearán para la construcción de este camino, ya que, en caso contrario, se requeriría obtener los permisos correspondientes en materia de impacto ambiental y de explotación de un banco de préstamo nuevo, lo que retrasaría la ejecución de la obra y en caso de que esto último ocurra la empresa encargada de la construcción del camino será la encargada de tramitar los permisos necesarios. En la siguiente imagen se muestra el banco de materiales más cercano al proyecto, así como las características de este:

Imagen II. 11. Bancos de Materiales cercanos al proyecto



Fuente: SCT Estado de México

Nombre del banco	Ubicación	Clase de material	Tratamiento	Usos probables	Restricciones ecológicas	Distancia al proyecto
Planta Diximoxi	Carretera Toluca-Palmillas, en dirección a Palmillas	Arena y grava triturada	No requiere	Mezcla asfáltica en el lugar	No existen	46.85 km
Planta de asfaltos Estructura Vial	Carretera Toluca-Palmillas km.70+000	Mezcla asfáltica de alto desempeño	No requiere	Mezcla asfáltica en el lugar	No existen	46.76 km
Mina Givisa	Libramiento Emilio Chuayfet, Colonia El Calvario, San Felipe del Progreso	Basalto	Trituración parcial y cribado	Concreto asfaltico	Considerable	46.70 km
Cerro Grande	Sin especificar	Tepetate	Disgregación	Terracerías	No existen	45.42 km

Superficie de Rodamiento.

Es importante señalar que para el proyecto: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO. Contara con una modalidad en donde la carpeta de rodamiento no será asfáltica a lo largo del mismo, ya que conforme al Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal denominado "Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo.-Temoaya, en la zona catalogada como "Conservación", no se permite el contar con caminos pavimentados, la intensión es para evitar perder la capacidad de infiltración que provee un camino no pavimentado, es por eso que la obra será acorde a dichas restricciones, para tal forma, se analizaron los shape files del santuario del agua para determinar los cadenamientos en los que existe dicha restricción

Imagen II. 12. Vista del Km 0+000 al 2+000



De color azul se observa la política de Restauración, donde se permite contar con caminos pavimentados…

Imagen II. 13 Vista del Km 2+000 al 4+620



Como se aprecia en esta sección es donde se presentan las interacciones del proyecto con las áreas de conservación (color arena), de modo tal que en estos cadenamientos el camino solo contara con una superficie permeable de rodamiento como puede ser tezontle, los cadenamientos donde no se tiene un camino asfaltado se enlistan a continuación

Rodamiento sin asfalto:

- 2+600 al 2+870 Longitud: 270 m
- 2+980 al 3+850 Longitud: 870 m
- 3+950 al 4+200 Longitud: 250 m

Longitud total: 1,390 metros

De modo tal que para el proyecto: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, se considera que no se tendra pavimento en una meta de 1.39Km

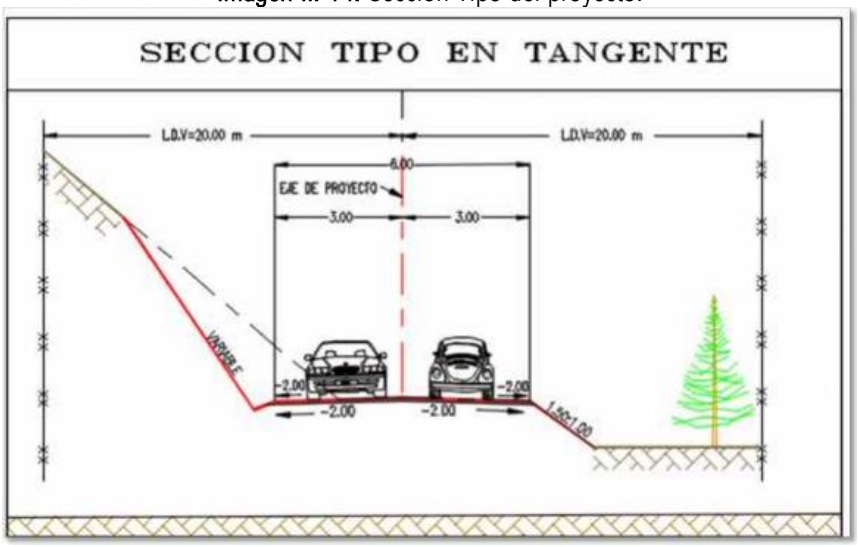
II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

Las actividades preparativas previas para el proyecto son el trazo en campo del eje de la vía de comunicación, utilizando brigadas de topógrafos, obtención de las autorizaciones necesarias, adquisición del derecho del libramiento (liberación) y la licitación de la obra.
Se utilizará como principal tecnología la maquinaria pesada que usa combustible diésel y lubricantes. Es necesaria una limpieza del terreno natural, básicamente la eliminación del material orgánico, incluida la vegetación natural

Construcción
a) Descripción general de las obras civiles a realizar.
El proyecto actualmente corresponde a un camino alimentador, que será modernizado a un camino Tipo D Mejorado, que contempla 4.6 Kilómetros del proyecto "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Dicho proyecto presenta las siguientes características geométricas de acuerdo con las especificaciones de las normas de servicios técnicos de la SCT, con una velocidad de proyecto de 60 km/h; el ancho de corona y calzada 7 m, sin acotamientos. El proyecto se desarrolla dentro de un ancho de derecho de vía de 20 m a cada lado del eje. Transito promedio diario anual de 500 vehículos. Topografía Sierra con una inclinación de 12%. La sección estructural de la carretera está integrada por una capa de terraplén de altura variable, capa subyacente de 0.30 metros, una subrasante de 0.15 m, base hidráulica de 0.15 m y una carpeta asfáltica de 5 cm. Los taludes a utilizar son variables para el terraplén dependiendo de la altura que se tenga y para los cortes se emplearan taludes de ¾ X 1

Además de la utilización del material producto de la excavación, se considerarán los bancos de materiales autorizados por la SCT y será la empresa constructora la encargada de determinar dichos bancos. El material que se utilizará en las terracerías y estructuras del pavimento de la carretera, aunque es responsabilidad de cada empresa constructora encargada de la explotación de tales bancos, la obtención de autorizaciones en materia de impacto ambiental ante las autoridades locales respectivas. La principal actividad a desarrollar consiste en el "movimiento de tierras", necesario para conseguir una superficie uniforme que se constituirá en la base de la capa de rodamiento de los vehículos. Dicho movimiento consiste en hacer "cortes" de material pétreo en las partes elevadas y transportarlo a las partes bajas para formar "terraplenes" consiguiendo con ello una superficie geométrica, los faltantes de material, en donde los hubiese, se habrán de completar con material proveniente del banco de préstamo señalado, si hubiese material sobrante habrá de retirarse a los bancos de tiro. Este movimiento compensatorio es la curva masa, donde una solución ideal sería aquella en que los volúmenes de corte fuesen iguales a los requeridos para formar los terraplenes.

Imagen II. 14. Sección Tipo del proyecto.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

El proyecto geométrico de la carretera está dividido en una solo etapa. La capa superior del cuerpo formado habrá de pavimentarse y terminarse con una carpeta asfáltica, esta última constituye la superficie que sustentará el tránsito vehicular. La obra integra dispositivos y señalamientos que facilitan la conducción y propician seguridad de operación. El diseño de pavimento se basa en las condiciones del material y características encontradas en el estudio de mecánica de suelos, entre las obras complementarias que se tienen para el proyecto destacan las siguientes:

- **Construcción de caminos de acceso:** El proyecto "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Se desarrollará en una vialidad existente por lo que no se requiere aperturar nuevos caminos.
- **Almacenes, bodegas y talleres:** Se establecerá un almacén provisional para el resguardo de materiales que se localizará en el derecho de vía y al frente de obra, y se reubicará según el avance de la obra misma. Sus dimensiones serán de aproximadamente 11 m^2 y su estructura será hecha a base de madera, cartón y lamina. Se restringirá el retiro de vegetación para su instalación, así como el almacenar materiales inflamables, grasas, aceites y/o combustibles, por lo que únicamente se guardarán herramientas básicas y materiales para la construcción.
- **Campamentos y dormitorios:** Los trabajadores serán originarios principalmente de los Municipios contiguos al proyecto, por lo que no será necesaria la construcción de campamentos o dormitorios ya que al término de cada jornada laboral los trabajadores regresarán a sus hogares.
- **Instalaciones sanitarias:** Únicamente durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se instalarán sanitarios móviles en una proporción de 1 por cada 20 trabajadores por medio de una empresa que ofrezca este servicio; la misma empresa, se encargará de ofrecer el mantenimiento de los sanitarios y de la recolección y tratamiento del agua residual que se genere. La ubicación de los sanitarios será acorde al avance de obra.
- **Bancos de material:** Para el abastecimiento de material para el relleno, nivelación y la modernización del trazo carretero, el proyecto deberá de emplear los bancos autorizados por la SCT, la ubicación de los

bancos de material se ha descrito anteriormente, en caso de apertura de Bancos de Material la empresa constructora será la encargada de llevar a cabo los trámites de autorización del mismo.

- **Planta de tratamiento de aguas residuales:** Debido a las características del proyecto, no será necesaria la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Sitios para la disposición de residuos:** Los residuos que se prevé que se generarán durante las actividades de preparación del sitio, son los que se derivarán de las actividades de desmonte de vegetación y algunos recipientes de aceites cuando se lleguen a usar motosierras, así como algunos residuos domésticos (bolsas y envases de plástico, latas, papel, basura orgánica, etc.) que generarán las cuadrillas de trabajadores. En las actividades de despalme, no se contempla la generación de residuos peligrosos, sin embargo durante la etapa de construcción de la obra se prevé la generación de envases de lubricantes, aditivos y aceite de dos tiempos, residuos diversos de la obra (metales, varilla, cimbras, alambre), así como desechos domésticos en general, los cuales serán depositados en contenedores apropiados que estarán señalados en el programa integral de manejo de residuos, indicando el tipo de residuo que se deberá depositar en los mismos, clasificándola en basura orgánica e inorgánica, para que posteriormente se recolecten al final de cada jornada laboral y se dispongan en el relleno sanitario municipal. Los contenedores de residuos estarán localizados al frente de obra y se reubicarán conforme el avance de la misma.
- **Residuos de obra**: será material terrígeno sobrante, producto de los cortes. Puede ser utilizado como material de cubierta en el relleno sanitario municipal o en los bancos de materiales, o ser depositado donde lo señalen las autoridades correspondientes.
- **Basura**: como envases desechables, etc. serán recolectados por el constructor y llevados al relleno sanitario municipal; los residuos de refacciones y demás materiales producto de servicios y mantenimiento al equipo deberá ser manejado de acuerdo al programa integral de manejo de residuos y retirado de la obra conforme a lo establecido en la normatividad vigente.
- **Residuos peligrosos**: En lo que respecta a los aceites usados, filtros, grasas, estopas, pinturas y todo residuo tipificado como residuos peligrosos conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, dichos residuos serán clasificados, separados y contenidos por tipo de residuo y recolectados semanalmente por una empresa autorizada para tales fines. Las bitácoras de dicho servicio serán guardadas y reportadas a la SEMARNAT para la verificación de dicho cumplimiento.
- **Patios de maquinaria:** Ya que la maquinaria va avanzando con la construcción de camino, los patios de maquinaria se ubicarán al frente de obra, en el área de derecho de vía, así mismo, por las dimensiones del proyecto no se considera que se requiera un área específica para ello, a consecuencia de la escasa maquinaria que se requerirá para el proyecto. En caso de requerir una superficie como patio o taller provisional, se ubicará dentro de terrenos de algún asentamiento rural cercano al camino y que presenta áreas aptas para dicho fin.
- **Planta de asfalto:** Se pretende utilizar la planta de asfalto más cercana, la cual dará abastecimiento durante la duración de la etapa de construcción, por lo que no será necesario instalar una planta de asfalto en el lugar del proyecto ya que los materiales serán adquiridos y transportados de esta última al frente de trabajo respectivo del proyecto.
- **Aguas residuales:** El proyecto no contempla la generación de aguas residuales, a excepción de las generadas por el uso de los sanitarios móviles; estas aguas residuales serán recolectadas por la misma compañía que se contrató para otorgar el dicho servicio.

El proyecto contempla un periodo de 60 meses para las etapas de preparación del terreno y construcción del proyecto; sin embargo, las etapas de operación y mantenimiento serán continuas y a largo plazo.

Tabla II. 5. Diagrama de Gantt del cronograma de obra.

No	CONCEPTO	MESES																			
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
I. ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTOS.																					
1	Licitación y Adjudicación de la obra																				
2	Trámites y permisos																				
3	Asignación de los recursos presupuestales.																				
II. ESTUDIOS Y PROYECTOS PREVIOS																					
4	Proyecto Ejecutivo																				
5	Estudios geotécnicos, levantamiento topográfico, estudio de bancos de materiales																				
II. PREPARACIÓN DEL SITIO																					
6	Trazo del eje																				
7	Obtención de las autorizaciones																				
8	Adquisición del derecho de vía (liberación)																				
9	Licitación de obra.																				
10	Despalme																				
11	Utilización de bancos de material																				
III CONSTRUCCIÓN																					
12	Alcantarillas																				
13	Terracerías																				
14	Cortes y excavación																				
15	Compactaciones																				
16	Formación de la capa subrasante																				
17	Base Hidráulica																				
18	Colocación de Carpeta asfáltica																				
19	Riego de impregnación y liga.																				
20	Obras de drenaje																				
21	Acarreos																				
22	Señalamiento																				
23	Excavación de pilas																				
24	Colocación de subestructura																				
25	Puente																				
26	Vigilancia de las medidas de mitigación																				
IV DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO																					
27	Retiro de plantas de concreto asfáltico e hidráulicos.																				
28	Rehabilitación de sitios usados para plantas asfálticas																				
29	Desmantelar almacén temporal.																				
30	Retirar por completo el material sobrante																				
31	Limpieza General de áreas utilizadas.																				

Tabla II. 6. Diagrama de Gantt del cronograma de obra (Continuación)

No	CONCEPTO	MESES																			
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
IV OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO																					
29	Programa de conservación preventiva y correctiva (SCT).																				
30	Programa de conservación rutinaria.																				
31	Programa de ayuda mutua con instituciones para el caso de un siniestro																				
32	Reposición de señales.																				
33	Mantenimiento Preventivo.																				
34	Mantenimiento Mayor.																				
35	Verificación del nivel de servicio.																				

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

II.2.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL

El proyecto: **"**E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Como su nombre lo indica se desarrolla en el Estado de Mexico, del cual se menciona lo siguiente: Se ubica en el Centrosur del país, limitando al norte con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, al sur con Morelos y Ciudad de México, al suroeste con Guerrero y al oeste con Michoacán. Tiene una superficie de 22,357 km^2. La mayor parte del territorio mexiquense se localiza en la parte central del Eje Neovolcánico. Comprende los valles de México, Toluca, parte del valle de Puebla-Tlaxcala y una pequeña porción del Valle del Mezquital al norte del estado que antiguamente se conocía como la Teotlalpan, así como las cadenas montañosas Sierra Nevada, Monte de las Cruces, Sierra de Monte Alto, Sierra de Tetzontlalpan al norte y Cumbres Occidentales en colindancia con Michoacán. Sobre esta misma meseta se localizan importantes elevaciones como el volcán Popocatépetl (5500 m), el Iztaccíhuatl (5220 m s. n. m.), el Nevado de Toluca (4680 m s. n. m.) y los cerros Tláloc (4120 m s. n. m.), Telapón (4060 m s. n. m.) y Jocotitlán (3910 m s. n. m.). La parte sur del territorio mexiquense se localiza dentro de la depresión del Balsas.

Imagen II. 15. Representación regional del proyecto



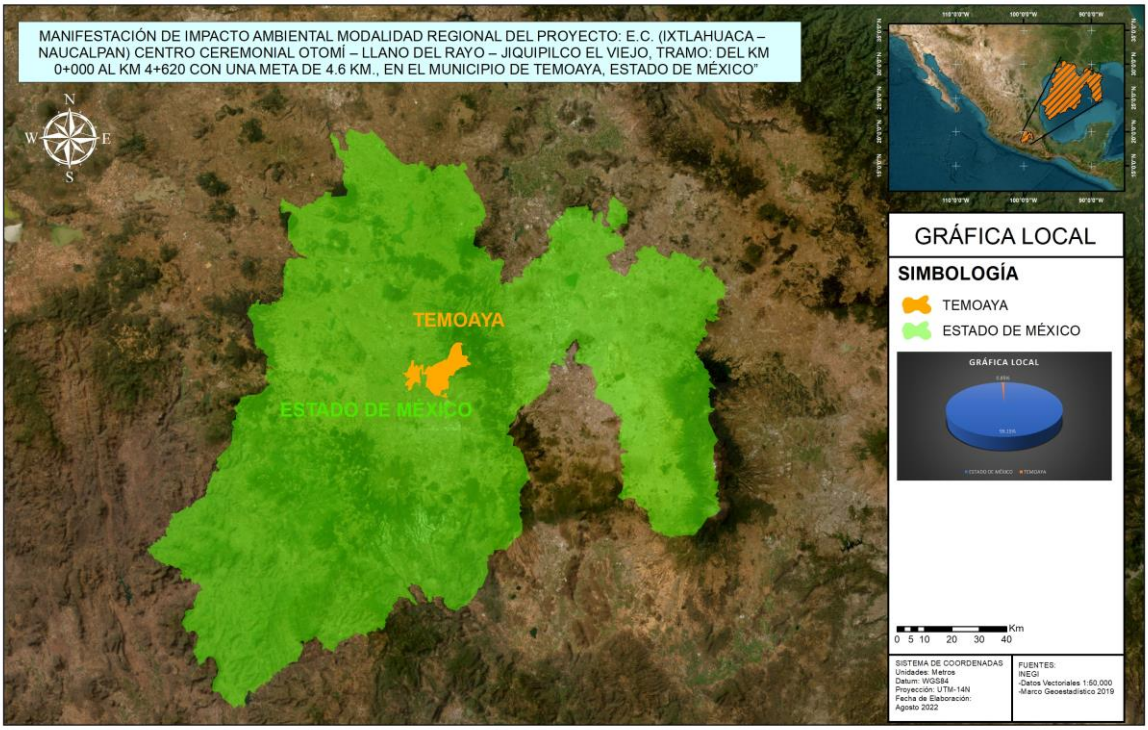
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

II.2.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL

Así mismo el proyecto se localiza dentro del municipio de Temoaya

- El municipio de Temoaya se localiza en la parte centro-norte del Estado de México, la superficie territorial de dicho municipio es de aproximadamente 199.63 km^2 que equivalen al 0.88% de la superficie del estado. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 19° 28' 50" latitud norte y 99° 36' 12" longitud oeste, a una altitud promedio de 2,680 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Jiquipilco y Nicolás Romero, al sur con Toluca y Otzolotepec, al este con Isidro Fabela y nuevamente con los municipios de Jilotzingo y con Otzolotepec, mientras que al oeste con los municipios de Ixtlahuaca y Almoloya de Juárez. El nombre de "Teomaya" significa "lugar donde se desciende o cuesta abajo" y de acuerdo con datos que del INEGI (del conteo de población 2010) el número de habitantes del municipio es de 90,011.

Imagen II. 16. Representación local del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

II.2.4 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN.

Las actividades preparativas previas para el proyecto son el trazo en campo del eje utilizando brigadas de topógrafos, la obtención de las autorizaciones necesarias, la adquisición del derecho de vía (liberación) y la licitación de la obra. Como fase previa a las operaciones constructivas, es necesaria una limpieza del terreno natural, que consiste en la eliminación del material orgánico, incluida la vegetación natural, (despalme cuando se requiera la eliminación de una capa superficial de terreno, incluidos matorrales y vegetación herbácea).

Antes del movimiento de tierras se deberá hacer el despalme, para lo cual se utilizará como principal tecnología la maquinaria pesada que usa combustible diésel y lubricantes, consistente en un tractor de orugas, tractor Caterpillar D8-N u otro similar, camión de volteo de 12 m^3, la longitud total de la obra se dividirá en tramos de 1 km con longitud de ataque de 100 m.

A la superficie desmontada se le agregan las superficies afectadas por los reducidos y escasos accesos provisionales, que serán los mínimos debido a la existencia de numerosos caminos utilizados por las poblaciones locales.

No obstante, estos caminos de acceso aún no están determinados pues será la contratista al momento de realizar la obra la que los definirá según convenga al proyecto, los cuales estarán en función del número de frentes que se abran en forma simultánea y el número y ubicación de los sitios de tiro y bancos. De tal manera que solamente es factible estimar el área a desmontar para el proyecto de forma directa, la que estará dada por el ancho entre línea de ceros, esto es el ancho de corona más el ancho de los taludes. Se considera un desmonte no solo a lo largo del eje del proyecto, en caminos de acceso y el ocasionado por los bancos de tiro.

- *Despalme.* - La técnica a usar para el despalme, será mediante el uso de maquinaria pesada, en las áreas que se verán afectada por las acciones de construcción de la carretera. Los horizontes edáficos resultantes serán almacenados para su posterior uso en acciones de rehabilitación ambiental o como material de cubierta en el relleno sanitario municipal o en los bancos de material en proceso de cierre.

- *Drenaje menor.* - Antes de iniciar la construcción de los tramos de terracerías compensadas, se deberá haber concluido la construcción de las obras de drenaje menor dentro, para ello, previamente, la obra de drenaje será cubierta con material adecuado para formar los terraplenes y compactada por medios manuales. Se ha hecho una estimación cuantitativa de las obras de drenaje por comparación con proyectos similares, considerando que el tipo de obra propuesto en los diferentes tramos está determinado por la topografía accidentada de cada tramo del recorrido del proyecto.

- *Cortes.* - Las excavaciones en las zonas de corte son ejecutadas a cielo abierto y la maquinaria para la excavación será la adecuada para cada tipo de material que se presente en los diferentes tramos. Las excavaciones se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que permita el drenaje del corte, las cunetas se perfilarán con la oportunidad necesaria y en forma tal que el desagüe no provoco ninguna alteración o favorezca el debilitamiento de los cortes ni a los terraplenes.

Todas las piedras flojas y material suelto en los taludes serán removidos y para dar por terminado un corte, al nivel de la capa inferior a la sub-rasante, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, acuerde con lo definido en el proyecto.

- ***Acarreos.*** **-** El transporte de material producto de cortes y excavaciones al sitio de formación del terraplén es lo que se denomina acarreo. Acarreo libre o no pagado es el efectuado hasta los 20 m del corte, el excedente es el denominado sobreacarreo y este se hace en camiones de caja (materialistas o de volteo) El sobreacarreo de los materiales se considera como sigue:

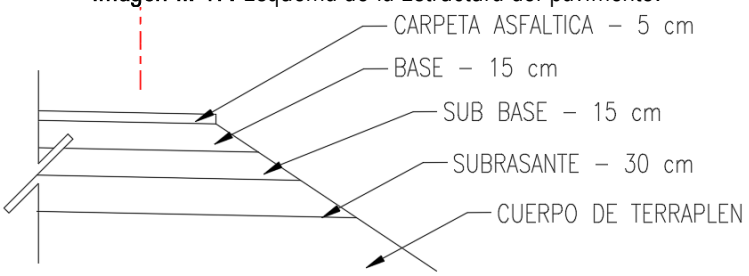
Hasta 5 estaciones de 20 m, es decir hasta 100 m (1 Hm) contados a partir del origen.
Hasta 500 m (5 Hm) contados a partir del origen.
En los bancos de préstamos, la distancia es partir del centro del lugar de excavación del préstamo al terraplén, sobre la ruta más corta y/o conveniente, a juicio de SCT. Los despalmes, desperdicios, derrumbes, escalones, ampliación, abatimiento de taludes, rebajes en la corona de cortes o terraplenes de los sitios de tiro, se mide desde el centro de lugar de excavación o derrumbe, en la ruta accesible más corta y/o conveniente, según la SCT.
Para el agua utilizada en la compactación de terraplenes, se considera a partir del lugar de extracción de la misma, sobre la ruta más corta y/o conveniente hasta el sitio de compactación, cabe aclarar que el agua se obtendrá de los escurrimientos o cuerpos de agua cercanos al trazo, incluso se puede utilizar el agua tratada derivada de alguna planta de tratamiento.

- ***Terraplén.*** **-** El terraplén es una estructura formada con material producto de corte, sobre la misma terracería, o proveniente de un banco de préstamo.

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes con material de corte, se rellenarán los huecos motivados por el desenraíce, se escarificará y se compactará el terreno natural o el despalmado en el área de desplante. La formación del cuerpo del terraplén se llevará a cabo tendiendo una capa, del espesor que permita el tamaño máximo del material, pero no menor de 30 cm, en todo el ancho entre línea de ceros y en 20 m de longitud. Se regará agua sobre la capa, en cantidad aproximada a 100 L/m^3 de material y se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de oruga con garra y peso de 20 ton, pasando tres veces por cada uno de los puntos que formen la superficie. Se compactará al 90% la capa con la ayuda de la maquinaria llamada pata de cabra, con la misma se procederá a raspar y aplanar el terreno con la cuchilla o bien con una motoconformadora. La capa subyacente o de transición será de 0.20 m de espesor, si la altura de los terraplenes es menor de 0.80 m y de 0.50 m si esta altura es mayor. En ambos casos, se deberá compactar al 95% de su PVSM según la prueba Próctor. El procedimiento a seguir será el del punto anterior, con las especificaciones dadas en este párrafo. La capa subrasante es la porción subyacente a la sub-corona, tanto en corte como en terraplén, a la que corresponden los movimientos de terracería más económicos se le conoce como subrasante económica.

Estructuras del pavimento. **-** Estructuras del pavimento son el conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento, un ejemplo de dichas capas se muestra en la siguiente imagen:

Imagen II. 17. Esquema de la Estructura del pavimento.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

- *Base Subrasante.-* Capa o conjunto de capas que se forman sobre la subrasante, cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitirlas a la terracería, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones. Sobre la subrasante se construye una sub-base de 0.30 m de espesor. El material que forme esta capa se deberá compactar al 100% de su P.V.S.M. La descarga de los materiales que se utilizan en la construcción de la sub-base debe hacerse sobre la subrasante por estación de 20 m. En caso de utilizar dos o más materiales se mezclarán en seco a fin de obtener un material uniforme. Se procederá con la motoconformadora para hacer el tendido, se extenderá el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad requerida y obtener homogeneidad en granulometría y humedad. Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un 95%, sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto, en caso de necesitarse se escarificará superficialmente y se regará la última capa, podrá efectuarse la compactación en capas de espesores mayores de 15 cm, siempre y cuando cumpla con la compactación adecuada. En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas de la parte interior de la curva hacia la parte exterior. Para dar por terminada la construcción de la sub-base, se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

- *Base hidráulica.* - Sobre la sub-base terminada se construirá la capa correspondiente a la base hidráulica de un espesor de 0.15 m, utilizando material de bancos seleccionados para este fin. Esta capa se deberá compactar al 100% de su P.V.S.M. según prueba Proctor estándar. El procedimiento de construcción será el mismo de la súbase, tomando en cuenta las especificaciones antes mencionadas.

- Riego de impregnación. - Se aplicará asfalto rebajado sobre la superficie terminada con el fin de impermeabilizarla y estabilizarla, así como para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica, para lo anterior se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo material suelto, polvo y material extraño, que se encuentren en ella antes de aplicar el riego de impregnación. El riego del material asfáltico se deberá hacer en las horas más calurosas del día y por ningún motivo se deberá regar material asfáltico cuando la base se encuentre mojada. Se hará el riego con material asfáltico tipo FM-1 a razón de 1.4 L/m^2 aproximadamente, por medio de una petrolizadora. La superficie impregnada deberá cerrarse al tránsito por lo menos las 24 horas siguientes a su terminación.

- Riego de liga. - Sobre la base impregnada, se aplicará en todo lo ancho de la sección un riego con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.5 L/m^2 haciendo uso de una petrolizadora.

- **Carpeta de concreto asfáltico. -** Sobre la base hidráulica después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 5 cm de espesor elaborada en la planta y en caliente con los materiales procedentes de los bancos más cercanos y cemento asfáltico N° 6 con una dosificación aproximada de 100 L/m^3 de material pétreo seco y suelto, debiendo compactar el material al 95% de su peso volumétrico determinado en la prueba Marshall.

- **Riego de sello. -** Se aplicará un material asfáltico, que se cubrirá con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante. Los materiales asfálticos que se empleen serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido. Antes de aplicar el riego de sello la superficie por tratar deberá estar seca y será barrida para dejarla exenta de partículas extrañas. Se dará el riego del material asfáltico en todo el ancho de la corona, se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-A, a razón de 10 L/m^2. Se cubrirá el riego de material asfáltico por una capa de material pétreo con esparcidores mecánicos. A continuación, se plancharán con compactador de llantas neumáticas con peso de 4.5 a 7.3 ton, pasando una rastra de cepillos de fibra o de raíz, las veces que se considere necesario, para mantener uniformemente distribuido el material y evitar que se formen bordos y ondulaciones.

OBSERVACIONES.

1. En todos los casos el cuerpo del terraplén, se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son respecto a la prueba AASHTO estándar, quedando a juicio del Laboratorio de Control aplicar la prueba que corresponda.
2. En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.15 m. o bandearse según sea el caso.
3. Se debe eliminare aquellos materiales que por sus características no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo del terraplén.
4. Se debe seleccionar aquellos materiales que por sus características solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM o bandearse según sea el caso.
5. Se debe seleccionar aquellos materiales que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.
6. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m. de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80 m y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m de espesor.
7. En terraplenes formados con este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.20 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas al 95% y al 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de banco de préstamo cercano.
8. En cortes formados en este material la cama de corte se deberá compactar al 95% de su PVSM, en una profundidad mínima de 0.20 m. y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100%, con material de banco de préstamo cercano.
9. Se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m., en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.
10. En los cortes se deberán escarificar los 0.15 m. superiores y acamellonar, la superficie descubierta se deberá compactar al 100% de su PVSM en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedará formada

la primera capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la segunda capa subrasante, que deberá compactarse al 100% de su PVSM.

11. En cortes formados en este material, se proyectará únicamente capa subrasante de 0.30 m. de espesor mínimo, compactándola al 100% y se construirá con material de préstamo del banco más cercano.
12. En cortes formados en este material, se escarificarán los primeros 0.30 m. a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95% hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m. de espesor, misma que deberá compactarse al 100% de su PVSM.
13. En el caso de cortes y terraplenes formados en este material se deberá proyectar, capa de transición de 0.20 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas dichas capas al 95% y 100% de su PVSM respectivamente; ambas capas se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

- **Actividades para el desmantelamiento y abandono de las instalaciones.-** Este tipo de obras para vía de comunicación no se abandonan, en lugar de eso el mantenimiento es constante incluso cuando los materiales de que están conformadas llegan al final de su vida útil, lo que procede es un mantenimiento mayor, ya sea una reestructuración de las capas del pavimento o incluso una modernización, corrección del trazo o la ampliación, como en el presente proyecto, para que brinde un mejor servicio y con una mayor seguridad, todo esto para que continúe operando la vialidad por tiempo indefinido.

Las plantas para la elaboración de concretos asfálticos e hidráulicos después de la construcción de la Carretera deberán retirarse, y la superficie utilizada deberá rehabilitarse, de acuerdo con el uso que tenía antes de la instalación de dichas plantas.

Durante el tránsito de camiones de carga y depósito de materiales para la fabricación del asfalto y concreto, la compactación del suelo por la circulación de camiones y los materiales que se almacenarán de tipo inerte inhabilitarán el sitio para el crecimiento de plantas, en este caso se debe retirar por completo el material inerte y cualquier derrame de asfalto, cemento, concreto asfáltico o hidráulico y localizar en el sitio suelo con materia orgánica en cantidad suficiente para la propagación de especies vegetales.

Los sitios que se desmontarán y que después serán utilizados para transitar con camiones o maquinaria pesada, los cuales pueden ser caminos de acceso, patios de maniobras, plantas de asfalto o de concreto hidráulico o bancos de material, en general los problemas que presenta son perdida de árboles y cobertura vegetal incluyendo los horizontes superficiales del suelo, además de compactación de la superficie resultante. Las acciones correctivas para la restitución de las condiciones originales o incluso mejorar las tendencias negativas serán, escarificar el suelo utilizado para disminuir su compactación, después colocar materia orgánica para propiciar la formación del suelo vegetal.

OBRAS DE DRENAJE MENOR

Procedimiento constructivo de las obras de drenaje menor.

Todas las nomenclaturas que se mencionan en los párrafos siguientes corresponden a las normas de construcción para la infraestructura del transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

a) Cunetas

La conformación de las zanjas para formar las cunetas se efectuará mediante una excavación, de acuerdo con las secciones, niveles, alineación y acabados establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, realizada conforme a lo establecido en la Norma N·CTR·CAR·1·01·005, Excavación para Canales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la pendiente de la cuneta será la misma que la del camino.

Cuando la sección del camino pase de corte a terraplén, la cuneta se prolongará la longitud necesaria en diagonal, siguiendo la conformación del terreno, para desfogar el agua en terreno natural, en la obra de drenaje más cercana o hasta donde establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

a. Revestimiento

Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, una vez terminada la conformación, se revestirá la cuneta mediante un zampeado para protegerla contra la erosión, conforme a lo establecido en la Norma N•CTR•CAR•1•02•002, Zampeado.

Previo a la colocación del revestimiento, la superficie por cubrir estará afinada, humedecida y compactada al grado establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

El tipo de recubrimiento, su espesor, la resistencia del concreto hidráulico o la proporción del suelo-cemento, serán los que establezcan el proyecto o apruebe la Secretaría.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, el recubrimiento con concreto hidráulico simple, se construirá con juntas frías cada metro, mediante el colado de las losas en forma alternada y con longitud mínima de un (1) metro.

Norma de Construcción. - (Norma N•CTR•CAR•1•03•003/00).

b) Contracunetas

a. Localización

A menos que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa, la contracuneta se ubicará a una distancia mínima de cinco (5) metros con respecto al cero del corte. Su punto de partida será la parte superior del corte, con un desarrollo sensiblemente paralelo al mismo y transversal al escurrimiento de la ladera. En laderas con pendiente mayor de treinta (30) grados, la cuneta se conformará siguiendo la tendencia general de las curvas de nivel, para evitar que tenga pendientes mayores de veinte (20) por ciento.

b. Excavación

La excavación para formar la contracuneta se efectuará de acuerdo a las secciones establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, conforme a lo establecido en la **Norma N·CTR·CAR·1·01·005, Excavación para Canales.**

A menos que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa, la zanja iniciará con una sección trapezoidal con profundidad mínima de veinte (20) centímetros hasta obtener la sección establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, si ésta va a funcionar como canal; si va a funcionar como bordo, la excavación se hará aguas abajo para formar el bordo aguas arriba, evitando que el terreno se derrumbe y afecte al bordo.

La longitud de la contracuneta será la suficiente para llevar el agua desde el parteaguas hasta su desembocadura, generalmente en el fondo del cauce natural al que descarga.

c. Recubrimiento

Cuando así lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, una vez terminada la excavación se revestirá la contracuneta mediante un zampeado para protegerla contra la erosión, conforme a lo establecido en la **Norma N•CTR•CAR•1•02•002, Zampeado.**

Previo a la colocación del revestimiento, la superficie por cubrir estará afinada, humedecida y compactada al grado establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

El tipo de recubrimiento, su espesor, la resistencia del concreto hidráulico o la proporción del suelo-cemento, serán los que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

Norma de Construcción. - (Norma N•CTR•CAR•1•03•004/00).

c) Lavaderos

a. Localización

Los lavaderos se construirán sobre el talud y a ambos lados de los terraplenes en tangente, de preferencia en las partes con menor altura; solo en el talud interno de los terraplenes en curva horizontal en su parte más baja; en las partes bajas de las curvas verticales, en las secciones de corte en que se haya interceptado un escurridero natural que pase arriba de la rasante, que deba continuar drenando, y en las salidas de las obras menores de drenaje que lo requieran.

A menos que el proyecto indique otra cosa o lo apruebe la Secretaría, en los tramos en tangente los lavaderos se construirán a cada cincuenta (50) metros. En ningún caso se colocarán bordillos y lavaderos en tramos sin pendiente longitudinal.

En los taludes de los cortes, los lavaderos se ubicarán de tal manera que capten el escurrimiento desde el punto superior y lo conduzcan hasta la parte inferior del corte, descargándolo a una caja amortiguadora ubicada al pie del lavadero y conectada a una cuneta o a una alcantarilla que permita el paso del escurrimiento aguas abajo.

b. Excavación

La excavación tendrá un ancho igual al ancho exterior del lavadero y una profundidad máxima igual a la profundidad del mismo, con las paredes correctamente perfiladas para alojar la sección del lavadero, prolongando la excavación hasta interceptar la superficie del acotamiento; se realizará conforme a lo establecido en la **Norma N-CTR-CAR-1-01-005, Excavación para Canales.**

Si se emplean secciones de lámina corrugada de acero, la excavación se realizará de tal manera que se obtenga una plantilla de forma semicircular, con profundidad máxima igual al radio de la lámina empleada, prolongándola hasta interceptar el acotamiento.

El fondo de la excavación en que se asiente el lavadero estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades.

Los lavaderos para descargas de cunetas y contracunetas, se prolongarán hasta desfogar en el terreno natural o en la alcantarilla más cercana; la sección de lavadero se ampliará para admitir la descarga con una menor pendiente.

c. Revestimiento

Como lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, una vez terminada la excavación, se revestirá el lavadero mediante un zampeado para protegerlo contra la erosión, conforme a lo establecido en la **Norma N•CTR•CAR•1•02•002, Zampeado.**

Previo a la colocación del revestimiento, la superficie por cubrir estará afinada, humedecida y compactada al grado establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

El tipo de recubrimiento, su espesor y la resistencia serán lo que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

En los casos en que sea necesario reducir la velocidad del agua en los lavaderos revestidos, se construirán escalones con disipadores de energía.

En el caso de lavaderos para descargas de cunetas y contracunetas que desfoguen en el terreno natural, será necesario construir un dentellón en el extremo de la descarga para evitar la erosión remontante, así como un delantal de protección hecho con fragmentos de roca, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

d. Lámina corrugada de acero

Como lo indique el proyecto o lo apruebe la Secretaría, una vez terminada la excavación, se colocarán láminas corrugadas de acero para proteger el lavadero contra la erosión.

La colocación de las láminas se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba.

Las piezas se colocarán de manera que en sus traslapes, el extremo de la lámina a la que le corresponda la parte superior del traslape, quede aguas arriba.

El sistema de sujeción para el ensamble de las piezas será el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

e. Anclajes y remates

Como lo establezca el proyecto o lo apruebe la Secretaría, se construirán anclajes intermedios en los lavaderos, con separación entre tres (3) y cinco (5) metros, unidos por medio del colado monolítico con acero de refuerzo, o pijas especiales en el caso de láminas.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la unión del lavadero con el bordillo se hará en forma de arco o mediante una transición de cuarenta y cinco (45) grados con respecto al eje del lavadero y abanicos en la intersección del lavadero con el acotamiento que tengan pendiente de manera que se permita encauzar el agua rápidamente a la entrada del lavadero.

Norma de Construcción. - (Norma N•CTR•CAR•1•03•006/00).

d) Bordillos
   a. Localización

Los bordillos sólo se construirán en los terraplenes mayores de uno coma cinco (1,5) metros de altura, conforme las dimensiones y características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Los bordillos se ubicarán longitudinalmente en ambos lados en los terraplenes que se encuentren en tangente, sólo en el acotamiento interno de los terraplenes en curva horizontal y en la zona de terraplén de las secciones de corte en balcón.
Se colocarán en el lado exterior del acotamiento y a una distancia de veinte (20) centímetros del hombro del camino.
No se construirán bordillos y lavaderos en tramos de carretera sin pendiente longitudinal.

En los tramos en tangente se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia los lavaderos ubicados a una distancia de entre cincuenta (50) y cien (100) metros, a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría.

   b. Colocación

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, los bordillos tendrán forma trapezoidal con base inferior de dieciséis (16) centímetros, base superior de ocho (8) centímetros y altura de doce (12) centímetros. Los bordillos se colocarán considerando para cada tipo, lo siguiente:

   c. Bordillos de concreto hidráulico

Los bordillos de concreto hidráulico simple tendrán la resistencia establecida en el proyecto y se elaborarán considerando lo indicado en la Norma N•CTR•CAR•1•02•003, Concreto Hidráulico.

Cuando los bordillos sean colados en el sitio, se utilizarán moldes rígidos sobre el terreno, colocando varillas a cada metro de tal manera que permanezcan anclados al terreno natural.

Cuando se empleen elementos precolados, el proyecto indicará el procedimiento de fabricación, colocación, tipo de anclaje y tratamiento de las juntas.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cuando la colocación del bordillo se realice mediante el procedimiento de extrusión con una máquina especial autopropulsada, el bordillo se anclará al terreno natural con varillas colocadas a cada metro.

Los bordillos de concreto hidráulico colados en el lugar, deben curarse de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

d. Bordillos de concreto asfáltico

Los bordillos de concreto asfáltico se construirán utilizando los materiales y el procedimiento indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

Cuando los bordillos sean colados utilizando molde en el sitio, se utilizarán moldes colocados verticalmente o con un talud de un tercio a uno (1/3.:.1), rellenándose con el concreto asfáltico en capas de seis (6) centímetros de espesor ligeramente apisonadas.

Cuando la colocación del bordillo se realice mediante el procedimiento de extrusión con una máquina especial autopropulsada, para lograr una consistencia estructural adecuada, se vigilará la velocidad de avance de la máquina y el control de la temperatura, la cual será de ciento treinta (130) grados Celsius, a menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría.

e. Bordillos de suelo-cemento

Los bordillos de suelo-cemento se elaborarán con el proporcionamiento indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría y se construirán mediante el procedimiento de extrusión con una máquina especial autopropulsada. Para lograr una consistencia estructural adecuada, se tendrá especial cuidado en el control de la velocidad de avance de la máquina.

Norma de Construcción. - (Norma N•CTR•CAR•1•03•007/00).

a) Alcantarillas con puntos corrugados de Alta Densidad
   a. Excavación

La excavación para alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad se efectuará de acuerdo con las secciones y niveles establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, conforme a lo indicado en la **Norma N•CTR•CAR•1•01•007, Excavación para Estructuras.**

La excavación se hará dejando una holgura de cincuenta (50) centímetros a cada lado de la tubería, para permitir la compactación del material de relleno, hasta una profundidad de quince (15) centímetros mayor que la profundidad de desplante de los tubos, para alojar la plantilla como se indica en la Fracción G.4. De esta Norma. Las paredes de la excavación se harán tan verticales como el terreno lo permita.

Salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, en el caso de que en el fondo de la excavación se encuentre arcilla o limo de alta plasticidad (CH o MH) clasificados según el Manual M•MMP•1•02, Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelo o material blando o suelto, la excavación, en todo su ancho, se profundizará adicionalmente otros veinte (20) centímetros, para alojar una capa de cimentación como se indica en la Fracción G.3. De esta Norma, capa sobre la que se desplantará la plantilla.

El fondo de la excavación en que se asiente la alcantarilla, estará exento de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades.

Se excavarán canales de entrada y salida con la geometría y longitud establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, conforme a lo indicado en la **Norma N•CTR•CAR•1•01•005, Excavación para Canales.**

b. Capa de cimentación

En el caso a que se refiere el Inciso G.2.3. de esta Norma, sobre el fondo de la excavación, en todo su ancho, se colocará una capa de cimentación de veinte (20) centímetros de espesor, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma, formada con material para subrasante, que cumpla con las características especificadas en la **Norma N•CMT•1•03, Materiales para Subrasante** y se compactará hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de noventa (90) por ciento respecto a su masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar, como se indica en el **Manual M•MMP•1•09, Compactación AASHTO.**

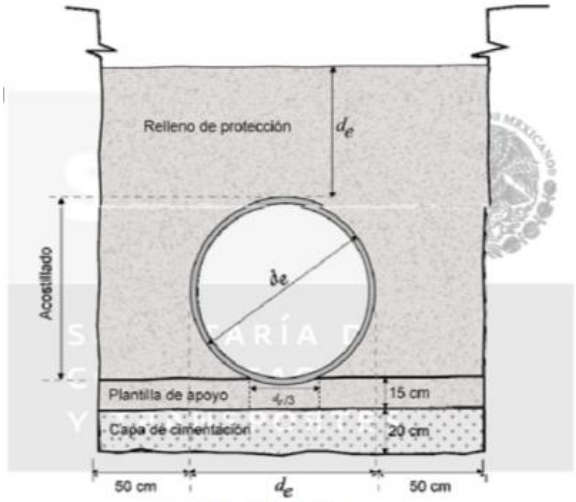


FIGURA 1.- Relleno de la excavación

c. Plantilla de apoyo

Sobre el fondo de la excavación o, en su caso, sobre la capa de cimentación se colocará una plantilla de apoyo de quince (15) centímetros de espesor en todo el ancho de la excavación, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma.

Salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la plantilla se formará con un material para subbase, que cumpla con las características especificadas en la **Norma N•CMT•4•02•001, Materiales para Subbases.**

Salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, la plantilla se compactará hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de noventa (90) por ciento respecto a su masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO modificada, como se indica en el **Manual M•MMP•1•09, Compactación AASHTO,** dejando sin compactar la franja central de la plantilla con ancho igual a un tercio (⅓) del diámetro exterior del tubo, como

se muestra en la Figura 1 de esta Norma. La pendiente de la plantilla será igual que la pendiente de la alcantarilla indicada en el proyecto.

Para tubos corrugados de polietileno de alta densidad con diámetro nominal de mil cincuenta (1 050) milímetros o mayor, en la franja central sin compactar de la plantilla de apoyo, se harán hendiduras transversales de dos coma cinco (2,5) centímetros de profundidad, con ancho ligeramente mayor que el de las campanas de unión de los tubos, en los sitios donde se ubiquen las juntas de la tubería, con el propósito de asegurar que el tubo quede completamente apoyado.

d. Colocación de los tubos

La colocación de los tubos corrugados de polietileno de alta densidad se hará siempre de aguas abajo hacia aguas arriba, de forma que sus campanas queden siempre aguas arriba.

Inmediatamente antes de conectar dos tubos, se limpiarán la campana, la espiga y el empaque elastomérico, de forma que el sistema de unión esté libre de tierra, polvo u otro material que pudiera afectar la hermeticidad de la conexión y se aplicará generosamente el lubricante que recomiende el fabricante de los tubos, en la pared interior de la campana y en el empaque, evitando que las partes ya lubricadas puedan ensuciarse.

La conexión de los tubos se hará manteniendo fija la campana e introduciendo la espiga del siguiente tubo con su empaque elastomérico colocado, cuidando que éste se mantenga siempre en su posición correcta.

Cuando se presente corriente de agua o filtraciones durante la colocación de los tubos corrugados de polietileno de alta densidad, el Contratista de Obra, por su cuenta y costo, hará lo necesario para desviar el agua temporalmente, mediante canales, bombeo u otro procedimiento aprobado por la Secretaría.

e. Relleno de protección

El relleno de protección que se coloque a los costados (acostillado) y arriba de los tubos corrugados de polietileno de alta densidad, como se muestra en la Figura 1 de esta Norma, se hará de acuerdo con lo indicado en la Norma N•CTR•CAR•1•01•011, Rellenos y salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, hasta una altura arriba de la clave de los tubos igual a su diámetro exterior, se usará un material para subbase que cumpla con las características especificadas en la Norma N•CMT•4•02•001, Materiales para Subbases.

El relleno de protección en el acostillado se acomodará simétricamente a ambos lados de los tubos de polietileno de alta densidad, en capas no mayores de quince (15) centímetros, cuidando que penetre en los valles de las corrugaciones, pero evitando que los tubos se muevan. Salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cada capa se compactará simultáneamente a ambos lados del tubo, hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de noventa (90) por ciento respecto a la masa volumétrica seca máxima del material, obtenida en la prueba AASHTO modificada, como se indica en el Manual M•MMP•1•09, Compactación AASHTO.

El relleno de protección arriba de los tubos corrugados de polietileno de alta densidad, hasta una altura igual al diámetro exterior de los tubos, se extenderá en capas no mayores de quince (15) centímetros y salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cada capa se compactará con equipo manual ligero, hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de noventa (90) por ciento respecto a la masa volumétrica

seca máxima del material, obtenida en la prueba AASHTO modificada, como se indica en el **Manual M•MMP•1•09, Compactación AASHTO.**

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, cuando el relleno de protección a que se refieren los Incisos G.6.2. y G.6.3. de esta Norma, sobresalga de la excavación, para protección de la estructura se formará sobre la tubería un relleno de sección trapecial, de acuerdo con lo indicado en la **Norma N•CTR•CAR•1•01•011, Rellenos**, con base superior igual a tres (3) veces el diámetro de la alcantarilla y una altura mínima sobre la clave de los tubos, igual que su diámetro exterior, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma, con un material para subbase que cumpla con las características especificadas en la **Norma N•CMT•4•02•001, Materiales para Subbases**, compactado con equipo manual ligero, hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de noventa (90) por ciento respecto a la masa volumétrica seca máxima del material, obtenida en la prueba AASHTO modificada, como se indica en el **Manual M•MMP•1•09, Compactación AASHTO.**

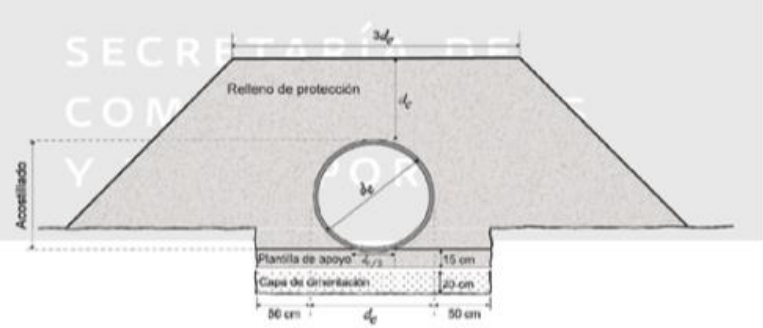


FIGURA 2.- Relleno de protección

Salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, sólo se permitirá el tránsito de vehículos de construcción o el uso de compactadores vibratorios o tipo pata de cabra sobre la alcantarilla, una vez que el espesor de material sobre la clave de la tubería sea igual que el diámetro exterior de los tubos.

f. Muros de cabeza

Los extremos de la tubería formada con tubos corrugados de polietileno de alta densidad, se sujetarán con muros de cabeza, los cuales podrán estar provistos de aleros y delantales; construidos de mampostería, concreto ciclópeo o concreto armado, conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, considerando lo indicado en las **Normas N•CTR•CAR•1•02•001, Mampostería, N•CTR•CAR•1•02•003, Concreto Hidráulico, N•CTR•CAR•1•02•004, Acero para Concreto Hidráulico y N•CTR•CAR•1•02•006, Estructuras de Concreto Reforzado.**

g. Zampeado

A la entrada y a la salida de la alcantarilla de tubos corrugados de polietileno de alta densidad, en caso de que se requiera, se realizará un zampeado conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, de acuerdo con lo indicado en la **Norma N•CTR•CAR•1•02•002, Zampeado**.

Norma de Construcción. - (Norma N•CTR•CAR•1•03•014/09).

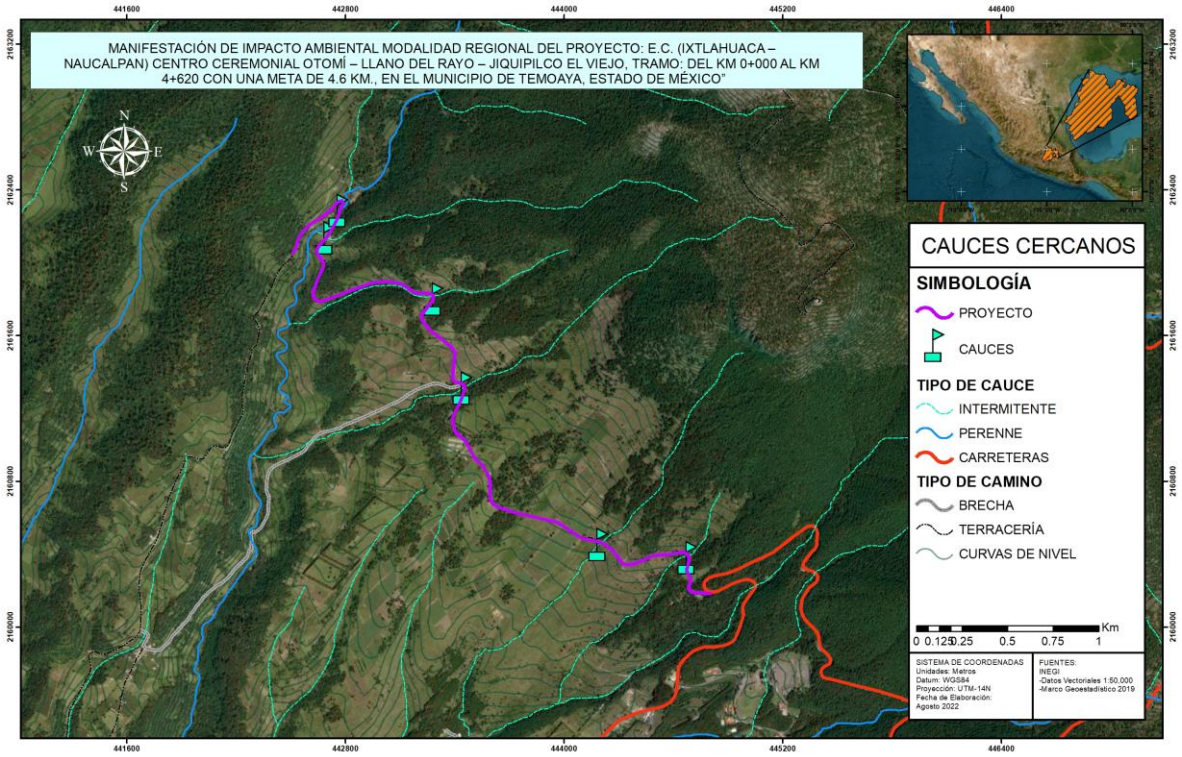
El proyecto: "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO", contempla el cruce con escurrimientos, los cuales se presentan en la siguiente tabla, así mismo se indica el tipo de obra de drenaje menor que se propone en cada intersección, es importante mencionar, que dadas las características de los escurrimientos en ningún caso se tendra ocupación de zona federal

Tabla II. 7 Obras de drenaje menor

Intersección	Cauce	UTM		Tipo de Obra
		X	Y	
01	Permanente	442693.429	2162139.091	2 tubos de concreto de 1.5 m de diámetro
02	Intermitente	442764.389	2162289.881	1 Tubo de concreto de 1.02 metros de diámetro
03	Intermitente	443287.721	2161802.029	1 Tubo de concreto de 1.02 metros de diámetro
04	Intermitente	443447.382	2161314.177	1 Tubo de concreto de 1.02 metros de diámetro
05	Intermitente	444192.465	2160453.783	1 Tubo de concreto de 1.02 metros de diámetro
06	Intermitente	444680.318	2160382.823	1 Tubo de concreto de 1.02 metros de diámetro

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Imagen II. 18. Obras de drenaje



II.2.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Los trabajos y actividades que se requieren durante la operación y mantenimiento son los de conservación y mantenimiento de la carretera: repintar las líneas divisorias de carriles, reposicionar fantasmas y señalamientos, reparación de la carpeta asfáltica, limpieza periódica de material edáfico y rocoso fragmentado, residuos domésticos y vegetales presentes sobre la carpeta asfáltica, en el derecho de vía y de las obras hidráulicas, así como la limpieza y mantenimiento de áreas verdes.
A continuación, se mencionan los programas de conservación preventiva y correctiva, así como el programa de conservación rutinaria de la SCT que deben de llevarse a cabo para el mantenimiento de las carreteras, para que tengan un adecuado funcionamiento y mayor vida útil, que pueden ser tomados en cuenta para aplicar a este tipo de caminos.

Programa de conservación preventiva y correctiva según la SCT.
1. Prever el programa quincenal inicial de conservación preventiva y correctiva, que deberá ser actualizado anualmente. Entregar programa quincenal actualizado al centro SCT y a la DGPSCT.
2. Obtener índice de servicio actual o IRI de la superficie de rodamiento, para delimitar los tramos homogéneos. Para la evaluación del pavimento proceder como lo indica el Sistema Mexicano de Protección de Pavimentos o el que se implante en la vialidad.
3. Evaluar las obras de drenaje y subdrenaje que presenten problemas en el momento de la inspección. Para la realización de los estudios correspondientes proceder como se indica en el Programa de Conservación Preventiva de la SCT.
4. Identificar terraplenes y cortes que presenten en el momento de la inspección, problemas de inestabilidad, movimientos inaceptables, derrumbes, deslizamientos de material y procesos erosivos, entre otros. Para su estudio se debe proceder como se indica en el Programa de Conservación Preventiva de la SCT.
5. Inspeccionar las condiciones físicas de las estructuras que presenten problemas. Para la evaluación de las estructuras proceder como se indica en Programa de Conservación Preventiva de la SCT.
6. Inspeccionar los sitios y señales con problemas. Para la evaluación de la señalización, se deberá proceder como se indica en el Programa de Conservación Preventiva de la SCT.
7. Contratar la ejecución de los estudios del estado de las vialidades. Enviar el estudio terminado, indicando la alternativa de solución que considere más adecuada a la DGPSCT y al centro SCT correspondiente.
8. Preparar el programa de obra de la alternativa aprobada por la SCT para los trabajos de reconstrucción en caso de ser necesaria, de acuerdo a los resultados de los estudios. Acordar su ejecución con la Dirección General del Centro SCT correspondiente.
9. Supervisar los trabajos durante su proceso de ejecución de manera permanente hasta concluirlos, realizando el control de calidad de la obra.

Programa de conservación rutinaria.
1. Realizar inspecciones diarias en la vialidad para detectar problemas y corregirlos en:

- Cercado e invasión del derecho de vía.
- Mantenimiento de vegetación incorporada y reforestación, en caso de ser necesario.
- Retiro de derrumbes, residuos domésticos y limpieza de la superficie de rodamiento.
- Carencia de señales que pongan en peligro al usuario o lo desorienten.
- Rehabilitación de destrozos y daños en áreas verdes o muerte de arbolado introducido.

2. Realizar inspecciones semanales o cuando se requiera en la vialidad o de acción inmediata si fuera necesario para detectar problemas y corregirlos en:

- Defensas y señales de tipo normal.
- Obras de drenaje
- Obras complementarias de drenaje
- Atención a los baches, calavereo, grietas, deformaciones, etc., en el pavimento.
- Colocación de propaganda o anuncios espectaculares no autorizada
- Limpieza de cunetas y derecho de vía
- Daños en el camino, derivados de accidentes vehiculares.
- Contracunetas y subdrenajes
- Cajas y/o canales de entrada y salida de obras de drenaje
- Deslave en terraplenes
- Fallas locales de cortes
- Postes y fantasmas
- Deshierbe y poda de vegetación
- Terraplenes de acceso a estructuras, principalmente en el área de juntas
- Apoyo y juntas de estructura
- Pintura en general

a) Descripción detallada de las tecnologías que se utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y el control de residuos líquidos, sólidos y gaseosos.

Dentro de los problemas directos con la contaminación de los recursos naturales, que existen en las carreteras se encuentran los relacionados con el tránsito de sustancias y materiales peligrosos y los riesgos de accidentes en la vialidad, que ocasionaran una afectación a los recursos suelo, agua, fauna y vegetación, e incluso la salud humana. En este sentido, los accidentes que con más frecuencia se pueden presentar son los siguientes:

- Colisión entre vehículos.
- Atropellamiento de peatones.
- Colisión de vehículos contra estructuras y señalamientos.

Para estos tipos de accidentes, muy comunes en las carreteras de México, no existen planes de emergencia y solo se tiene una cultura de prevención con los señalamientos y límites máximos de velocidad; los pobladores del lugar y los servicios médicos más cercanos serán los que brinden apoyo a quienes se vean integrados en la atención de estos accidentes. En la zona se cuenta con servicios de emergencia de segundo nivel.

Derrames de sustancias peligrosas por accidentes de pipas que transportan dicho material
En estos casos, se deberá solicitar inmediatamente la intervención de las autoridades federales, estatales y municipales, tales como la Secretaría de Comunicaciones del Estado, Protección Civil, y Secretaria de Medio Ambiente del Estado de México, quienes deberán determinar el grado de peligrosidad de la sustancia derramada, e implementar los planes de protección a la población civil y al medio ambiente que sean necesarios. Asimismo, se incluye la responsabilidad de las Empresas Constructora y Transportista en coordinación con la SCT.
Además, la empresa constructora contará con un programa integral de manejo de residuos, que será aplicado en la generación de residuos peligrosos y no peligrosos a lo largo de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Programa de mantenimiento

Presentar una descripción del programa de mantenimiento de las instalaciones del proyecto, donde se detalle lo siguiente:

a) Actividades de mantenimiento y su periodicidad.

Para las actividades de mantenimiento se tienen consideradas las actividades siguientes:

Reposición de señales: estas actividades se llevarán a cabo cada vez que una señal deba reponerse o cambiarse con el fin de brindar un adecuado señalamiento y se prevengan accidentes.

b) Calendarización desglosada de equipos y obras que requieren mantenimiento.

Este programa lo realizará la contratante del mantenimiento y carece de un programa definido en este momento; en cuanto se tenga se pondrá a disposición de las autoridades de SEMARNAT para someterlo a su consideración, previo a su aplicación.

c) Tipo de reparaciones a sistemas, equipos y obras. Incluir aquellos que durante el mantenimiento generen residuos líquidos y sólidos peligrosos y no peligrosos.

Los equipos a utilizar con mayor frecuencia serán los siguientes: camioneta pick up, vehículo de bacheo, camión de volteo o caja plana, rodillo o compactador y equipo manual necesario. Solo se habrá de generar aceites gastados y materiales impregnados con estas sustancias. Para el riego de áreas verdes, tendrá que hacerse cada tercer día con pipas, exclusivamente durante la temporada de sequía.

Mantenimiento Preventivo.

Esta etapa consiste en la realización de trabajos de conservación en los que no se requiere de herramientas especiales o de gran tamaño para procedimientos como reposición de señales, mantenimiento de taludes, chequeo de luminarias en zona urbana, pintura, reposición de material de la superficie de rodamiento, poda y mantenimiento de las áreas verdes.

Mantenimiento Mayor.
Este mantenimiento consiste en trabajos en los que se requiere del cierre de un carril de la vialidad con el fin de realizar trabajos de reencarpetado o mantenimiento mayor de la superficie de rodamiento y colocar señales de peligro.
Verificación del nivel de servicio.
Esta actividad consiste en la realización de recorridos de prueba con un vehículo de diseño y con cuatro pasajeros que determinarán el nivel de servicio de la vialidad que cubre todos los aspectos, destacando algunos de los siguientes:

- Confiabilidad, adecuado señalamiento, comodidad, maniobrabilidad y visibilidad,
- Verificación del nivel de servicio.
- Recorridos de chequeo, que son actividades encaminadas al control y supervisión de los trabajos de mantenimiento y de operación del camino.
- Listado de maquinaria y equipo necesario para las actividades futuras.

d) Descripción de los procesos y operaciones unitarias necesarios para el mantenimiento de la infraestructura: en la vía, el camino, los cortes, cunetas, canaletas y otras de tipo hidráulico, camellones, túneles, puentes y otros dentro del derecho de vía, así como en los servicios para la operación, protección ambiental, administrativos, entre otras.
La maquinaria empleada en la operación consta de una camioneta tipo pick-up para el transporte del personal y cuadrillas de trabajo requeridas para la operación del camino. En cuanto al mantenimiento del camino se requiere de equipos como pipa para regar áreas verdes y otras zonas que requieran del uso de agua. Para las cuadrillas de mantenimiento y del alumbrado en las zonas donde se requiera, para el camino se transportarán en camión de volteo o en las camionetas para tal fin, simultáneamente con el equipo a utilizar; así mismo, también se requiere de un camión para recolección de residuos y de la basura generada en la limpieza de la carpeta y obras anexas como las alcantarillas, drenes y cunetas, así como, para el transporte de las cuadrillas de trabajo.
En este sentido, eventualmente, se requerirá de equipos para el mantenimiento menor como bacheo y calavereo o para la colocación y reposición de señales y pintura en la superficie de rodamiento.

II.2.6 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES.

Para el camino "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO" No se considera el desmantelamiento y abandono del proyecto, ya que se trata de un camino al cual se le dará mantenimiento constante para que se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento a lo largo del tiempo.

II.2.7 RESIDUOS.

Residuos sólidos
A continuación, se indican los residuos que se presentarán en las etapas de construcción y operación, los cuales son muy similares para ambas etapas. Cabe mencionar que los residuos municipales tendrán una disposición final en el relleno sanitario municipal.
El principal residuo sólido que se generará en el proyecto será el suelo y residuos vegetales producto del despalme. Una parte del material vegetal desmontado se podrá entregar a los propietarios o habitantes locales para su utilización en forma de leña y madera (en el caso de los árboles o especies arbustivas leñosas). La vegetación

restante será troceada en el lugar y mezclada con las capas superficiales edáficas, para su posterior utilización en actividades de rehabilitación, como puede ser en zonas deterioradas, en el relleno sanitario municipal o los bancos de materiales, que hayan concluido su etapa de aprovechamiento, lo anterior en caso de afectar vegetación arbórea, lo cual no se espera.

Otro tipo de residuo serán los productos geológicos derivados de los cortes, que serán utilizados para la construcción de terraplén o para el relleno sanitario como material de cubierta o en los bancos de materiales que requieran nivelar su superficie.

El otro tipo de residuos que se van a generar serán el resultado de la estancia de los trabajadores en el área, los residuos serán papel, cartón, residuos orgánicos, latas y vidrio. Considerando el factor de generación de residuos de 0.150 kg/persona/día, los desechos domésticos totales que se generarán serán de aproximadamente 220 kg/persona en el lapso de tiempo que durará la construcción del proyecto.

En cuanto a los residuos sólidos industrializados y residuos peligrosos, cabe mencionar que se prevé la generación de residuos sólidos industrializados como bolsas de papel, empaques de cartón, vidrio y plásticos, entre otros; así como latas vacías. Los residuos industrializados se generarán en los patios de maquinaria y talleres y se dispondrán en su interior de manera temporal.

Por otra parte, dentro de los residuos considerados como peligrosos de acuerdo al Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y las NOM- SEMARNAT-052-2005, NOM- SEMARNAT-053-1999, tales como recipientes vacíos con algún contenido de pinturas, solventes, aceite o lubricantes, aceites usados y estopa impregnada de grasas, serán almacenados temporalmente de manera adecuada y después entregados a empresa especializadas para su tratamiento y/o disposición final.

Dentro de los patios de maquinaria se estabilizarán o almacenarán aquellos residuos peligrosos que así lo requieran; posteriormente y de acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, así como la NOM-003-SCT2-1994 y la NOM-011-SCT2-1994, se embalará y serán entregados a una empresa autorizada por SEMARNAT para la disposición final de estos materiales peligrosos.

En cualquier caso, la generación de residuos peligrosos será mínima, se tiene una estimación entre 45 y 65 Kg/mes durante la etapa de construcción, principalmente. Adicionalmente estos materiales serán residuos de materiales de operación o de mantenimiento de maquinaria lo que implica una condición de bajo riesgo para el suelo y agua, por lo mismo con el cumplimiento de las reglamentaciones en vigor se generará un impacto mínimo al ambiente.

Otro tipo de residuos sólidos serán los depositados de manera clandestina por los usuarios sobre la carretera. Normalmente, estos consisten en papel, latas de aluminio, restos de alimentos, bolsas de plástico, etc. Por las características rurales de la zona, no es raro que también se deposite cascajo, restos de las cosechas agrícolas y otros materiales de desecho. Estos desechos tendrán que ser recogidos periódicamente y depositados, según lo establezcan las autoridades.

Residuos líquidos. - La principal fuente de líquidos no peligrosos, es el agua de consumo humano, esta tiene tres componentes, la utilizada para beber que debe ser potable (3 L/día/persona), y las requeridas para la higiene, más la que se genera como producto de los desechos orgánicos. Dada la naturaleza del uso, las dos últimas necesidades utilizan fundamentalmente agua cruda.

Respecto al agua de limpieza e higiene se anticipa que aun cuando su volumen puede ser importante (10 L/día-trabajador), esta puede ser expuesta a fosas de desecación para su manejo y control, respecto al agua de los desechos humanos, en los frentes de obra se instalarán sanitarios portátiles, la empresa que ofrezcan el servicio será la responsable de darle mantenimiento diario. Durante la operación, no habrá ninguna generación de aguas residuales.

Por otra parte, se incluyen pendientes adecuadas para desalojar el agua de la superficie de rodamiento, así como las obras de drenaje (alcantarillas, bordillos, lavaderos, cunetas, etc.) para permitir el libre flujo de los arroyos intermitentes o continuos cuyo paso afecte el terraplén del camino. De esta forma el proyecto, no producirá ninguna descarga de aguas residuales.
Los residuos industriales líquidos, para evitar el derrame de combustible y aceite en los talleres, se prevé la construcción de un firme de cemento con concreto para proteger el suelo de derrames accidentales, en las reparaciones se recogerán los productos en charolas que serán vaciadas en tambos y entregados a empresas especializadas en el manejo y disposición final, de acuerdo al programa de manejo de residuos peligrosos a implementar la empresa constructora.
En cuanto a las plantas de asfalto también se prevé colocarlas sobre firmes de cemento y concreto para evitar el asfalto se derrame sobre el suelo.

Emisiones a la atmósfera. - Durante la construcción, se van a generar polvos durante casi todas las actividades, que serán dispersados en el aire y depositados en los alrededores. También se habrá de generar de manera intermitente gases de combustión hacia la atmósfera por parte de los equipos, maquinaria, vehículos de carga, automotores, pero estas serán en una cantidad insignificante, en comparación con las que se generen durante la operación del proyecto. Durante la operación de la carretera, la única actividad relevante será el tránsito vehicular. Se estima que el umbral máximo de circulación será de 500 unidades/día; con esta carga vehicular se prevé una carga de emisiones como se observa en la siguiente Tabla.

Tabla II. 8. Estimaciones de emisión durante la operación del proyecto.

Contaminante	Kg/dia
Hidrocarburos	1.5
CO	3.2
NOx	3.4
PM_{10}	1.5

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

El tránsito vehicular en el Proyecto implicará la emisión de bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas suspendidas. Las cantidades y concentraciones de las emisiones varían dependiendo de los siguientes factores:

- Densidad del flujo vehicular.
- Tipo de combustible (gasolina o diésel).
- Calidad del combustible (magna sin o diésel).
- Cilindrada y estado de desgaste de los motores.
- Aceite quemado, asociado a los desperfectos mecánicos.

Los factores mencionados no pueden ser estandarizados a condiciones constantes, ya que son características que oscilan entre un vehículo y otro. Adicionalmente, la dispersión de los contaminantes, al igual que la emisión, dependerá de varios factores:

- Velocidad del viento.
- Condiciones de precipitación pluvial o presencia de neblina
- Temperatura ambiental.

- Humedad relativa.
- Forma y tamaño del espacio al cual son emitidos.
- Concentración inicial del contaminante.

Por lo anterior, se considera que no existen a lo largo del trazo condiciones de confinamiento para las diferentes emisiones y las estaciones climatológicas cercanas indican al menos velocidades de vientos mayores a 5 m/s lo que asegura que las capas de mezclado y la distancia de dispersión se alcanzaran rápidamente en cualquier punto del trazo, por lo que el problema de calidad del aire no será importante.

En conclusión, se prevé que en el SAR las emisiones vehiculares contaminantes no alcanzarán una concentración importante en la atmósfera y que las condiciones atmosféricas prevalecientes son suficientes para dispersar las emisiones al medio, que cuenta con un fuerte valor de resiliencia para absorber este tipo de afectación ambiental.

Contenido

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO 3
III.1. VINCULACIÓN CON PLANES Y PROGRAMAS SECTORIALES 3
III.1.1. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024 3
III.1.2. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DEL ESTADO DE MÉXICO 2017-2023 6
III.1.3. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE TEMOAYA 2022-2024 9
III.1.4. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE TEMOAYA 11
III.2. VINCULACIÓN CON PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO, ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS U OTRA ZONIFICACIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN (RTP Y/O RHP), O LA RELATIVA A LA REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO URBANO (PDU) 13
III.2.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO 13
III.2.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO 20
III.2.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE TEMOAYA 27
III.2.4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS 28
III.2.4.1. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL PARQUE ESTATAL "SANTUARIO DEL AGUA Y FORESTAL SUBCUENCA TRIBUTARIA RÍO MAYORAZGO-TEMOAYA" 38
III.2.4.2. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL PARQUE ECOLÓGICO, TURISTICO Y RECREATIVO ZEMPOALA – LA BUFA, DENOMINADO PARQUE ESTATAL "OTOMÍ-MEXICA" 47
III. 2.5. REGIONES PRIORITARIAS DE ACUERDO CON LA CONABIO 53
III.2.5.1. ÁREA DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICA) 53
III.2.5.2. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP) 54
III.2.5.3. SITIOS RAMSAR 55
III.2.5.4. REGIÓN MARINA PRIORITARIA (RMP) 56
III.2.5.5. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP) 57
III.3. VINCULACIÓN CON LEYES, REGLAMENTOS O NORMAS DE LOS TRES NIVELES DE GOBIERNO 60
III.3.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE 60
III.3.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. 61
III.3.3. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE. 62
III.3.4.LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. 63
III.3.5 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. 64
III.3.6. LEY GENERAL PARA LA PRESERVACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y SU REGLAMENTO. 64
III.3.7 LEY DE AGUAS NACIONALES. 65

III.3.8 LEY DE CAMINOS, PUENTES Y AUTOTRANSPORTE FEDERAL....66
III.3.9 LEY DE VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN. 67
III.3.10 NORMAS OFICIALES MEXICANAS....68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III. 1 Estrategias del PND vinculables al proyecto 5
Tabla III. 2 Vinculación del proyecto con objetivos del Plan de Desarrollo del Estado de México....8
Tabla III. 3 Vinculación del proyecto con el Plan de Desarrollo Municipal de Temoaya....10
Tabla III. 4 Región Ecológica 14.16 "Depresión de México"....14
Tabla III. 5 Clave y UAB en donde se inserta el proyecto en referente al POEGT, 2012....16
Tabla III. 6 Estrategias de la región Ecológica que integra a la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 121 involucrada con el proyecto. 16
Tabla III. 7 Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México....29
Tabla III. 8 Vinculación con los artículos aplicables de la LGEEPA 60
Tabla III. 9 Vinculación con los artículos aplicables del REIA de la LGEEPA....61
Tabla III. 10 Vinculación con los artículos aplicables de la LFVS....62
Tabla III. 11 Vinculación con los artículos aplicables de la LGDFS 63
Tabla III. 12 Vinculación con los artículos aplicables del Reglamento de la LGDFS....64
Tabla III. 13 Vinculación con los artículos aplicables de la LGPGIR y su reglamento....64
Tabla III. 14 Vinculación con los artículos aplicables de la LAN....65
Tabla III. 15 Vinculación con los artículos aplicables de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal....66
Tabla III. 16 Vinculación con los artículos aplicables de la Ley de Vías Generales de Comunicación....67
Tabla III. 17 Vinculación con las NOM aplicables en materia de aire, agua y suelos....68
Tabla III. 18 Vinculación con las NOM aplicables en materia de biodiversidad....72

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen III. 1 Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024....4
Imagen III. 2 Estructura Estratégica del Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 7
Imagen III. 3 Pilares y Ejes transversales dentro del PDM de Temoaya....9
Imagen III. 4 Ordenamiento Ecológico General del Territorio....15
Imagen III. 5 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México....23
Imagen III. 6 Áreas Naturales Protegidas Federales cercanas al proyecto....31
Imagen III. 7 Áreas Naturales Protegidas Estatales cercanas al proyecto 32
Imagen III. 8 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación....33

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO

III.1. VINCULACIÓN CON PLANES Y PROGRAMAS SECTORIALES

III.1.1. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024

El Plan Nacional de Desarrollo para el periodo de gobierno 2019-2024 plantea los objetivos y estrategias que guiarán a la actual administración para transformar la vida pública del país para lograr un desarrollo incluyente, que genere un mayor bienestar para todas las personas. Para ello se realizó un diagnóstico de la situación del país y después se procedió a elaborar las propuestas de acción.

El documento está estructurado por tres ejes generales que permiten agrupar los problemas públicos identificados a través del Sistema Nacional de Planeación Democrática en tres temáticas:

1) Justicia y Estado de Derecho;
2) Bienestar;
3) Desarrollo económico.

Asimismo, se detectaron tres temas comunes a los problemas públicos que fueron identificados, y se definieron en los siguientes ejes transversales:

1) Igualdad de género, no discriminación e inclusión;
2) Combate a la corrupción y mejora de la gestión pública;
3) Territorio y desarrollo sostenible.

Los tres ejes transversales se refieren a las características que agudizan los problemas a los que se enfrenta el país y cuya atención deberá estar presente en todo el proceso, esto se refiere a que se deberá abordar dichos temas en el diseño e implementación de todas las políticas públicas del país. Además por su carácter de transversalidad, los problemas abordados en estos ejes no se limitan a un tema en particular, por lo que el reconocimiento de las brechas de desigualdad y discriminación, la identificación de procedimientos que abren espacio a la corrupción y el manejo inadecuado de los recursos públicos, así como a la importancia de garantizar la sostenibilidad del modelo de desarrollo y del entendimiento del territorio como un espacio complejo y dinámico en donde se dan las interacciones sociales, estarán presentes en todos los elementos que conforman la planeación nacional del actual Gobierno de México.

Lo anterior se representa gráficamente de la siguiente manera:

Imagen III. 1 Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024



Fuente: PND, 2019

El PND plantea un objetivo para cada eje general, que refleja el fin último de las políticas propuestas por esta administración en cada uno de ellos. A su vez, cada eje general se conforma por un número de objetivos que corresponden a los resultados esperados, factibles y medibles que se esperan al implementar las políticas públicas propuestas.

De acuerdo con los objetivos de los ejes generales del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el proyecto se relaciona directamente con el Eje General 3, el cual se desglosa a continuación.

3. El eje general de "Desarrollo económico" tiene como objetivo:
Incrementar la productividad y promover un uso eficiente y responsable de los recursos para contribuir a un crecimiento económico equilibrado que garantice un desarrollo igualitario, incluyente, sostenible y a lo largo de todo el territorio. El desarrollo económico implica la construcción de un entorno que garantice el uso eficiente, sostenible financiera y ambientalmente de los recursos, así como la generación de los medios, bienes, servicios y capacidades humanas para garantizar la prosperidad.

Para impulsar este desarrollo es fundamental implementar acciones concertadas y sostenidas de política que estimulen el crecimiento de la economía y aseguren que los frutos de este crecimiento se distribuyan de manera justa en todas las regiones del país.

De este objetivo general (3) se desprende el objetivo específico 3.6 que dice:

Objetivo 3.6 Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional.

La infraestructura pública es un elemento fundamental para detonar el potencial económico de un país. La infraestructura económica como carreteras, aeropuertos y puertos aumenta la capacidad productiva; reduce los costos de transacción; incrementa la actividad agropecuaria, industrial y de servicios; conecta a los pueblos y comunidades indígenas; y brinda a la sociedad más y mejores oportunidades, así como empleos mejor remunerados.

Para alcanzar el objetivo se proponen las siguientes estrategias:

- 3.6.1 Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial.
- 3.6.2 Mejorar el acceso a localidades con altos niveles de marginación.
- 3.6.3 Desarrollar una infraestructura de transporte accesible, con enfoque multimodal (ferroviario, aeroportuario, transporte marítimo, transporte masivo), sostenible, a costos competitivos y accesibles que amplíe la cobertura del transporte nacional y regional.
- 3.6.4 Contribuir a que los puertos sean enlaces de desarrollo costero planificado y a la competitividad nacional e internacional.
- 3.6.5 Propiciar la creación de conjuntos industriales y urbanos de desarrollo alrededor de las vías de comunicación.
- 3.6.6 Promover la competencia, transparencia, evaluación y rendición de cuentas de los programas, acciones, procesos y recursos orientados al desarrollo de obra pública y la mejora de la infraestructura del país.

Vinculación:

El presente proyecto pretende la modernización de un camino rural, el cual corresponde a una obra asociada al Plan Nacional de Desarrollo y de manera particular es congruente con el Objetivo 3.6 "Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional", al pretender mejorar una vía de comunicación rural para así contribuir al desarrollo de la infraestructura y de la economía de la región, además de optimizar las condiciones de servicio y brindar eficiencia, así como mayor seguridad en los traslados.

Con respecto a las estrategias que se desprenden del objetivo 3.6, a continuación, se presenta la vinculación con cada una de ellas.

Tabla III. 1 Estrategias del PND vinculables al proyecto

Estrategia	Vinculación
3.6.1 Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial.	Uno de los objetivos principales del proyecto es proveer a los usuarios una vialidad más moderna y segura la cual será más eficiente para la ejecución de actividades económicas como el transporte de mercancía y servicios, así como transporte de usuarios Lo anterior se logrará mediante la modernización del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO
3.6.2 Mejorar el acceso a localidades con altos niveles de marginación.	El proyecto se localiza en una región que de acuerdo con la CONAPO (2020) existe un grado de marginación Medio, sin embargo, la mejora del camino contribuirá significativamente al seguir brindando un medio por el cual se pueda transitar de manera segura y eficiente que permita el bienestar de la población y el desarrollo económico de la zona. Por lo anterior se considera que el proyecto se ajusta para dar cumplimiento con esta estrategia.

3.6.3 Desarrollar una infraestructura de transporte accesible, con enfoque multimodal (ferroviario, aeroportuario, transporte marítimo, transporte masivo), sostenible, a costos competitivos y accesibles que amplíe la cobertura del transporte nacional y regional.	Con el presente proyecto se pretende modernizar un camino ya existente para que con ello se pueda seguir asegurando la accesibilidad de las personas, bienes y servicios que se transportan a través de la región
3.6.4 Contribuir a que los puertos sean enlaces de desarrollo costero planificado y a la competitividad nacional e internacional.	El proyecto no se localiza cerca de algún puerto por lo que la estrategia no se relaciona de forma directa con el proyecto.
3.6.5 Propiciar la creación de conjuntos industriales y urbanos de desarrollo alrededor de las vías de comunicación.	El sector del proyecto corresponde a una vía de comunicación por lo que no se relaciona con la estrategia.
3.6.6 Promover la competencia, transparencia, evaluación y rendición de cuentas de los programas, acciones, procesos y recursos orientados al desarrollo de obra pública y la mejora de la infraestructura del país.	La aplicación y ejecución de esta estrategia corresponde a los diferentes órdenes de gobierno, sin embargo, la promovente del proyecto garantiza la transparencia y total cumplimiento de las obligaciones que le competan en este proyecto.

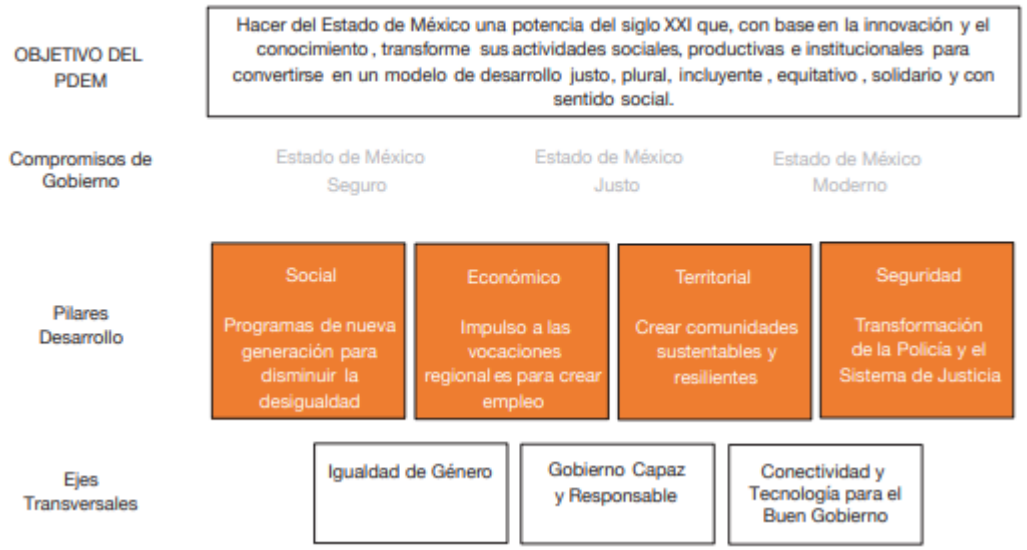
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Por lo anterior podemos concluir que el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, se encuentra alineado a las metas y objetivos del PND al propiciar las condiciones para el crecimiento económico regional, con un enfoque de prosperidad y bienestar a los poblados aledaños, además de que fomenta la rehabilitación de infraestructura para que con ello se siga brindando una movilidad en la zona.

III.1.2. PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DEL ESTADO DE MÉXICO 2017-2023

El Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 es un documento en el cual se manifiestan las necesidades de la población del Estado, así como lo forma que el Gobierno tiene planeado atender esas demandas de la población, siendo la gente quien dio vida a este Plan de Desarrollo mediante una intensa consulta, en la cual se escucharon sus opiniones sobre el rumbo que debería tener el Estado. Para ello se propone impulsar y consolidar la acción del gobierno a través de los cuatro pilares de desarrollo y tres ejes transversales, los cuales se pueden ver en la siguiente imagen:

Imagen III. 2 Estructura Estratégica del Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023



Fuente: PDEM, 2017

De manera general el Pilar Social considera prioritario desarrollar y conservar familias fuertes, promover el empleo y proteger el ingreso de las personas, particularmente el de las mujeres y para lograrlo se ha planteado 4 objetivos para dicho pilar, el primero enfocado en la reducción de la pobreza y en propiciar el desarrollo humano; el segundo enfocado en reducir las desigualdades a través de la atención a grupos vulnerables; el tercer objetivo se plantea el garantizar una educación incluyente, equitativa y de calidad que promueva las oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida; y por último objetivo se busca fomentar una vida sana y promover el bienestar para la población en todas las edades

Por su parte el Pilar Económico promueve la aceleración económica y la consolidación de la productividad y competitividad, propiciando condiciones que generen un desarrollo que permita transitar de una economía tradicional a una que permita mejorar la conectividad entre regiones. En donde se han desarrollado 5 objetivos para dicho pilar: 2.1 Recuperar el dinamismo de la economía y fortalecer sectores económicos con oportunidades de crecimiento, 2.2 Incrementar de manera sustentable la producción, calidad, eficiencia, productividad y competitividad del sector primario, 2.3 Transitar hacia una planta productiva más moderna y mejor integrada, 2.4 Potenciar la innovación y el desarrollo tecnológico como instrumento para impulsar el desarrollo económico y 2.5 Desarrollar infraestructura con una visión de conectividad integral.

El Pilar Territorial se desarrolló con una visión integral del territorio y de los recursos naturales que se encuentran en él y para lograr un entorno sustentable el Estado se ha propuesto impulsar 5 objetivos los cuales se mencionan a continuación: 3.1 Garantizar el acceso a una energía asequible y no contaminante, 3.2 Adoptar medidas para combatir el cambio climático y mitigar sus efectos, 3.3 Procurar la preservación de los ecosistemas en armonía con la biodiversidad y el medio ambiente, 3.4 Mejorar los servicios en materia de agua, su gestión sostenible y el saneamiento y 3.5 Fomentar la prosperidad de las ciudades y su entorno a través del desarrollo urbano y metropolitano inclusivo, competitivo y sostenible.

Por último, el Pilar Seguridad integra a tres temas que fortalecen el estado de derecho del Estado mediante el garantizar la seguridad con una visión ciudadana, impartir justicia en todas sus áreas y promover el respeto a los derechos humanos, actuando siempre dentro del marco de la ley. Y para lo cual se han desarrollado 10 objetivos:

4.1 Transformar las instituciones de seguridad pública, 4.2 Impulsar la participación social generando entornos seguros y sanos, para reducir la inseguridad, 4.3 Impulsar el combate a la corrupción, 4.4 Fortalecer y mejorar el sistema penitenciario, 4.5 Fortalecer y ampliar las capacidades de la Fiscalía General de Justicia del Estado de México (FGJEM), 4.6 Garantizar una procuración de justicia de calidad, 4.7 Fortalecer el acceso a la justicia cotidiana, 4.8 Fortalecer la cultura de derechos humanos en servidores públicos, 4.9 Proteger los derechos humanos de población vulnerable y 4.10 Impulsar programas de atención de víctimas y creación de una cultura de paz en comunidades afectadas por la violencia.

Vinculación:

Mediante la ejecución del proyecto se pretende modernizar el camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, el cual se encuentra vinculado con el Plan de Desarrollo del Estado de México y a continuación, se enlistan y detallan aquellos objetivos y estrategias vinculables con el mismo.

Tabla III. 2 Vinculación del proyecto con objetivos del Plan de Desarrollo del Estado de México

Estrategia	Vinculación
2.1. Objetivo: recuperar el dinamismo de la economía y fortalecer sectores económicos con oportunidades de crecimiento	
2.1.1. Promover una mayor diversificación de la actividad económica estatal, especialmente aquella intensiva en la generación de empleo	Con el desarrollo del presente proyecto se logrará incentivar el crecimiento de diversos sectores económicos de la región, con el que se fomente de igual manera la atracción de nuevas empresas en el Estado con lo que se favorecerá que más personas tengan mayores y mejores oportunidades de empleo
2.1.2. Impulsar y fortalecer el sector comercial y de servicios	
2.1.3. Contribuir al incremento de los ingresos de la población ocupada	
2.1.4. Fortalecer la vinculación de los estudiantes de educación media superior con los sectores público, privado y social	
2.1.5. Fomentar un marco regulatorio que permita la creación y crecimiento empresarial en la entidad	
2.1.6. Reorientar el desarrollo industrial	
2.1.7. Incrementar la captación de inversión nacional y extranjera	
2.1.8. Definir e impulsar una agenda de desarrollo regional a partir de las vocaciones productivas de cada región	
2.5. Objetivo: Desarrollar infraestructura con una visión de conectividad integral	
2.5.1. Fomentar una mayor conectividad en el Estado	Con la modernización del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se mantendrán y mejorará la red vial con la que cuenta el Estado y con ello se reducirá el número de accidentes relacionados a la infraestructura vial, asegurando con ello de igual manera la movilidad y conectividad para el desarrollo de diversos sectores prioritarios como el agropecuario e industrial
2.5.2. Construir infraestructura resiliente para una mayor y mejor movilidad y conectividad	Con el proyecto se incrementará, mantendrá y mejorará la red vial estatal con el que se facilite la conectividad entre la región

2.5.3. Modernizar, ampliar y dar mantenimiento a la infraestructura	Con el proyecto se mejorará la infraestructura de movilidad y conectividad en diversos sectores económicos

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Con el desarrollo del presente proyecto se contribuye a nivel Estatal a mejorar las condiciones de las carreteras y vialidades en las que se permita seguir brindando mejores condiciones para el desarrollo industrial, comercial, turístico y de servicios tanto para la población local como para la gente que visite el Estado. Por lo cual el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra alineado a lo establecido por el Plan de Desarrollo del Estado de México (Periodo 2017-2023).

III.1.3. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE TEMOAYA 2022-2024

El Plan de Desarrollo Municipal de Temoaya es el resultado del registro de las demandas ciudadanas capturadas durante la campaña electoral sumado a los diversos mecanismos de consulta que se implementaron para la integración de objetivos, estrategias y líneas de acción, los cuales se encuentran alineados a los diversos planes de desarrollo a nivel federal y estatal lo cual permite focalizar esfuerzos, alinear propuestas y coordinar acciones a fin de lograr un mayor impacto positivo en la vida de los ciudadanos.

De manera particular el PDM agrupa a las políticas y programas en cuatro pilares de acción y en tres ejes transversales para el fortalecimiento institucional.

Imagen III. 3 Pilares y Ejes transversales dentro del PDM de Temoaya



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

De manera general el Pilar social plantea el objetivo de satisfacer las necesidades básicas de la población y generar un municipio responsable, solidario e incluyente. Por su parte el Pilar económico ha establecido como prioridad que el gobierno municipal fomente la transformación económica, la productividad y la competitividad con base en las fortalezas y oportunidades del territorio municipal, que permitan impulsar las actividades del campo, implementar los mecanismos para impulsar el sector industrial y consolidar el sector de servicios, todo ello con una visión de sustentabilidad y responsabilidad con el medio ambiente. El tercer Pilar se enfoca en el tema territorial y plantea el uso sustentable de los recursos naturales y finalmente el Pilar de seguridad se ha desarrollado con el fin de llevar a cabo una convivencia pacífica en el municipio.

Derivado de los diversos objetivos y líneas de acción de los Pilares y Ejes del Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 se realizó la vinculación de estos con el proyecto de la modernización del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO.

Vinculación:

El Plan de Desarrollo Municipal de Temoaya al realizar el diagnostico de las condiciones actuales del municipio ha identificado que existe una problemática en cuanto al tema de movilidad la cual menciona que se presenta derivado del deterioro de las carreteras al no contar con mantenimiento adecuado, así como algunas vialidades principales presentan irregularidades en su estado físico y señalización y en su mayoría no cuentan con guarniciones o banquetas en algunos trazos de las mismas lo que se traduce como riesgos para los transeúntes.

Tabla III. 3 Vinculación del proyecto con el Plan de Desarrollo Municipal de Temoaya

Objetivo	Vinculación
2.2. Promover servicios públicos de calidad para la población, mediante la modernización, ampliación y mantenimiento a la infraestructura pública	Con el presente proyecto se pretende modernizar el camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., para contribuir en la solución de la problemática que se detectó en el diagnóstico del PDM.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Por lo anterior podemos concluir que el proyecto que se presenta en el presente documento tiene los lineamientos suficientes de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal para que se lleve a cabo la modernización del camino, pues se trata de la recuperación de una parte de la infraestructura vial pública con la que cuenta el municipio, importante para el transporte de bienes y movilidad de personas a través de la región.

III.1.4. PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DE TEMOAYA

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano constituye un instrumento técnico-jurídico que en materia de planeación urbana determinará los lineamientos aplicables al ámbito municipal y provee la coordinación de esfuerzos federales, estatales y municipales que garanticen un desarrollo sustentable y armónico con el medio urbano, social y natural.

El Plan define la normatividad de los usos del suelo, así como las densidades generales del área urbana actual y prevé las reservas territoriales con la finalidad de operar un desarrollo urbano sustentable en el corto, mediano y largo plazo en las zonas de futuro crecimiento, también impulsa la consolidación y el fortalecimiento de áreas verdes y espacios abiertos en las áreas de reserva territorial y sobre el área urbana, finalmente tiene el objetivo de establecer los mecanismos para la recuperación del centro urbano mediante la identificación de los elementos distintivos de las edificaciones con valor histórico arquitectónico y de cómo cuidar las nuevas edificaciones para que conserven un carácter acorde con los diseños de la zona para que se encuentren en armonía con el entorno patrimonial del mismo.

En cuanto a los objetivos particulares del PMDU en el tema de Vialidad y transporte, de importancia para el proyecto que se presenta en el presente documento se menciona lo siguiente:

- **Incorporar y actualizar la estructura vial prevista que permita articular las delegaciones municipales y estructurar y ordenar su crecimiento conforme a la dinámica de la región**
- Establecer y actualizar el trazo del proyecto del libramiento norte de la región del valle de Toluca
- Definir y establecer las restricciones de vialidad con apego a la normatividad establecida acorde con la necesidad demandada
- Definir la comunicación integral de y transporte colectivo intramunicipal definida entre las zonas del centro de población en el que se consideren las acciones para disponer de un sistema de movilidad con la finalidad de hacerlo más eficiente y seguro
- Fomentar el uso del transporte colectivo mediante la introducción de nuevas modalidades, la ampliación de rutas y la mejora continua en la calidad del servicio
- Proveer la construcción y ubicación de bahías para el ascenso y descenso de usuarios del transporte colectivo a los laterales de las vialidades principales
- Acondicionar y modernizar la terminal de autobuses ubicada en la cabecera municipal, San Pedro Arriba y San Lorenzo Oyamel
- Reubicar los sitios y transporte colectivo, taxis y normar el transporte de carga en vialidades específicas de la cabecera municipal y delegaciones cercanas
- Identificar los puntos conflictivos en las principales avenidas para definir acciones para la ejecución de sus posibles soluciones
- Proponer soluciones viales en los principales puntos y avenidas conflictivas
- Definir trazas nuevas con sus respectivas restricciones y alineamientos
- Complementar la estructura vial municipal mediante el alineamiento
- Definir y proveer la estructura vial necesaria en las distintas comunidades, para contar con una buena comunicación con la cabecera municipal
- Dar continuidad y realizar las ampliaciones necesarias en la avenida Reforma en el tramo de Dolores a la cabecera municipal
- Prever la estructura y sentido vial necesaria para la cabecera municipal y los barrios que le rodean
- Prever la construcción de un libramiento norte de la cabecera municipal y diseñar pares viales regionales a la existente del tramo Toluca-Temoaya

- **Mejorar las condiciones físicas de la red vial actual mediante un mantenimiento continuo y de buena calidad para fortalecer su vida útil, de igual manera en lo que se refiere a la infraestructura del alumbrado público y señalización vial**
- Impulsar el desarrollo permanente de programas de educación vial entre la población y las autoridades municipales
- Ubicar y proponer soluciones en las zonas con carencia de estacionamientos en la cabecera municipal
- Prohibir el estacionamiento (de carga y descarga con acceso directo o maniobras) en las vialidades que se ubican en los corredores urbanos, eficientando así la infraestructura vial
- Definir las rutas para el tránsito pesado en la zona de la cabecera municipal
- Ubicar y proponer soluciones de estacionamiento en la cabecera municipal, principalmente en zonas que se carece de ellos, evitando así los congestionamientos viales

De manera general el PMDU ha establecido 3 políticas de ordenamiento urbano las cuales son:

- Políticas de incorporación del suelo al desarrollo urbano
- Políticas de preservación de zonas no urbanizables
- Política de integración vial e imagen urbana

Y 3 zonificaciones de usos de suelo permitidos:

- Zona urbana: asentamientos existentes en el municipio y los cuales, ubicados en las diversas localidades, así como en la cabecera municipal
- Zona urbanizable: áreas comprendidas en la periferia de la cabecera municipal y en las ubicadas en la zona suroriente del municipio, mismas que se incorporarán al desarrollo urbano a través de zonas habitacionales de media y alta densidad
- Zona no-urbanizable: integrado por parques urbanos, preservación, bosques protegido y agrícola de mediana productividad y por impuso de zonas ecoturísticas

Vinculación:

El camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., de acuerdo al PMDU corresponde a una vialidad secundaria y local la cual pretende ser modernizada a un camino primario para con ello cumplir con los objetivos particulares referentes a la Vialidad y transporte en el municipio, específicamente sobre la mejora de las condiciones de la red vial pública con la finalidad de lograr una mayor accesibilidad de comunicación en la zona de una forma eficiente y segura acorde a las necesidades presentes y futuras del municipio, pues de acuerdo al PMDU Temoaya tendrá un crecimiento poblacional de 22,023 habitantes en los próximos 15 años.

III.2. VINCULACIÓN CON PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO, ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS U OTRA ZONIFICACIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN (RTP Y/O RHP), O LA RELATIVA A LA REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO URBANO (PDU)

III.2.1. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) tiene sustento legal en la LGEEPA y su Reglamento de la LGEEPA en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPAOE). Es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación.

La base para la regionalización ecológica del POEGT, 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. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB), representadas a escala 1:2,000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico, y para construir la propuesta del POEGT.

Las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. A cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales y Locales.

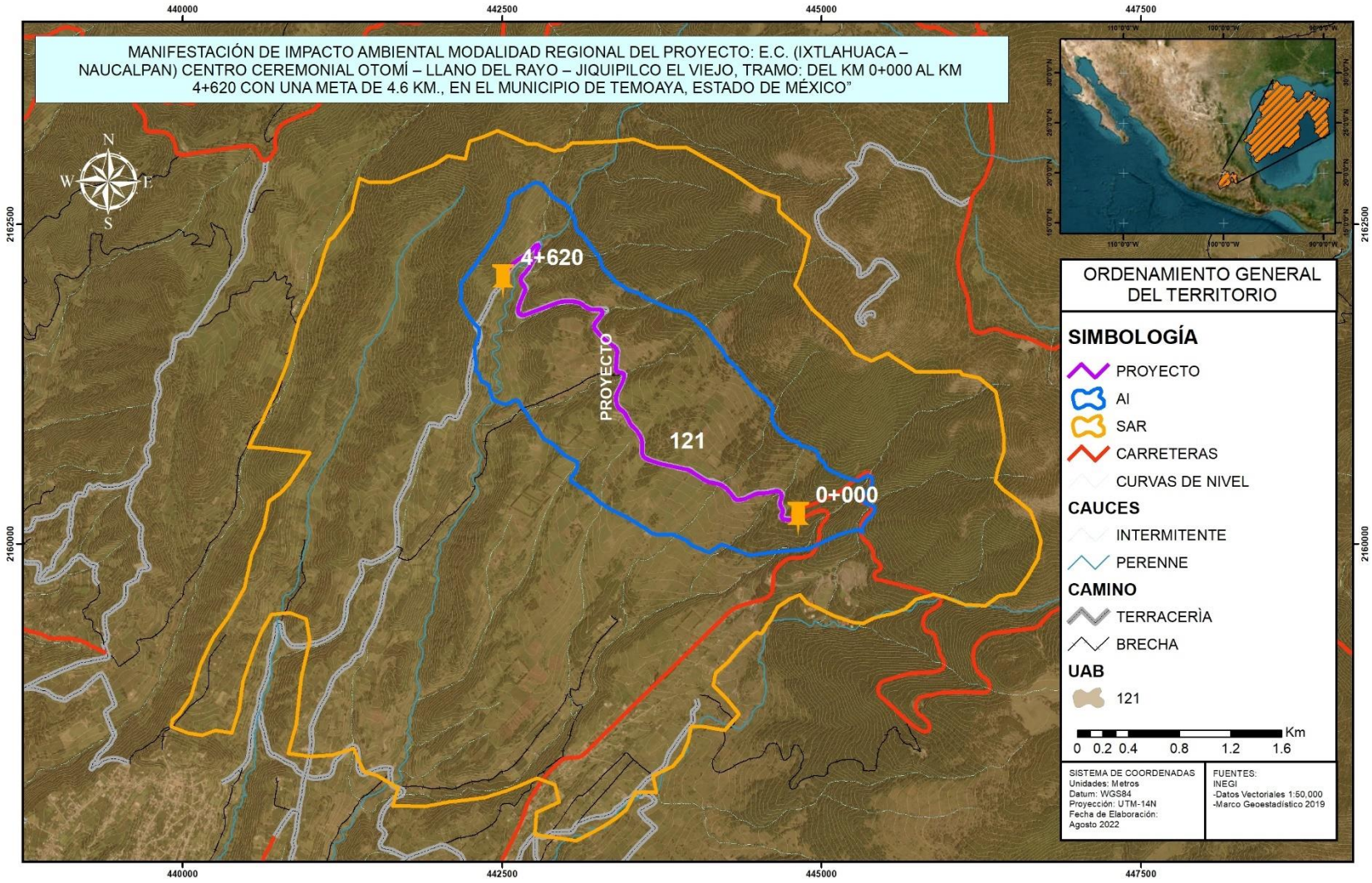
De acuerdo con la localización geográfica del proyecto y conforme a la regionalización establecida en el POEGT se identificó que las obras y/o actividades que propone el proyecto se ubican en la Región Ecológica 14.16 que abarcan parcialmente la UAB 121; denominada “Depresión de México”

Tabla III. 4 Región Ecológica 14.16 "Depresión de México"

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">
</td><td colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 14.16
Unidades Ambientales Biofísicas que la componen:
121. Depresión de México</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localización:
En los estados de México y Morelos, Alrededor del Distrito Federal.</td></tr>
<tr><td>Superficie en km²:
14,321.74 km²</td><td>Población Total
22,146,667 hab</td><td>Población indígena:
Mazahua - Otomí</td></tr>
<tr><td>Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="4">Inestable a Crítico. Conflicto Sectorial Bajo. No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Media degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Longitud de Carreteras (jm): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy alta. Porcentaje de Cuerpos de agua: Baja. Densidad de población (hab/km²): Muy alta. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Déficit de agua superficial. Déficit de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 56.6. Muy baja marginación social. Muy alto índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Alto indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades renumeradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Alta importancia de la actividad minera. Media importancia de la actividad ganadera.</td></tr>
</table>

Fuente: POEGT, 2012

Imagen III. 4 Ordenamiento Ecológico General del Territorio



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Tabla III. 5 Clave y UAB en donde se inserta el proyecto en referente al POEGT, 2012

CLAVE REGIÓN	UAB	NOMBRE	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUVANTES DEL DESARROLLO	ASOCIADOS DEL DESARROLLO	OTROS SECTORES DE INTERÉS	NIVEL DE ATENCIÓN PRIORITARIA	ESTRATEGIAS
14.16	121	Depresión de México	Desarrollo Social - Turismo	Forestal – Industria – Preservación e Flora y Fauna.	Ganadería – Ganadería – Minería.	CFE - SCT	Media	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 bis, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44.

Fuente: POEGT, 2012

Las estrategias se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT. Dichas estrategias se encuentran definidas en tres grupos: las dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio, las dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana y las dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional. En la siguiente tabla se detallan las estrategias de la región Ecológica que integra a la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 121 involucrada con el proyecto:

Tabla III. 6 Estrategias de la región Ecológica que integra a la Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 121 involucrada con el proyecto.

ESTRATEGIAS UAB 121	
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO.	
B) Aprovechamiento sustentable.	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. 4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.
C) Protección de los recursos naturales.	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados. 12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables. 15 Bis: Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable. 16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional. 17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor

	agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras). 19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. 20. Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental. 21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo. 22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. 23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista)–beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).
GRUPO II. DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SOCIAL E INFRAESTRUCTURA URBANA.	
A) Preservación.	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.
B) Aprovechamiento sustentable.	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil. 26. Promover la Reducción de la Vulnerabilidad Física.
C) Agua y saneamiento.	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.
E) Desarrollo social	30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región. 31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de estas para impulsar el desarrollo regional. 35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación.

	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.
GRUPO III. DIRIGIDAS AL FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN Y LA COORDINACIÓN INSTITUCIONAL.	
A) Marco jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.
B) Planeación del ordenamiento territorial	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Para el POEGT se formularon 10 Lineamientos Ecológicos, a través de las directrices generales que, en lo ambiental, social y económico se deberá promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.

2. Mejorar la planeación y coordinación existente entre las distintas instancias y sectores económicos que intervienen en la instrumentación del programa de ordenamiento ecológico general del territorio, con la activa participación de la sociedad en las acciones en esta área.

3. Contar con una población con conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio, fomentando la educación a través de los medios de comunicación y sistemas de educación y salud.

4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.

5. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.

6. Promover la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, mediante formas de utilización y aprovechamiento sustentable que beneficien a los habitantes locales y eviten la disminución del capital natural.

7. Brindar información actualizada y confiable para la toma de decisiones en la instrumentación del ordenamiento ecológico territorial y la planeación sectorial.

8. Fomentar la coordinación intersectorial a fin de fortalecer y hacer más eficiente al sistema económico.

9. Incorporar al SINAP las áreas prioritarias para la preservación, bajo esquemas de preservación y manejo sustentable.

10. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

VINCULACIÓN.

En cuanto a las estrategias del grupo I el proyecto promoverá la aplicación de criterios ambientales con el objetivo de desarrollar un proyecto sustentable y cumplir las estrategias enfocadas al B) Aprovechamiento sustentable, C) Protección de los recursos naturales y D) Dirigidas a la Restauración buscando la protección de las zonas sensibles y áreas expuestas así como controlar la erosión, proteger la calidad de agua, reducir la acumulación de sedimentos y reducir la cantidad de desperdicios materiales. Cabe resaltar que, en la tabla anterior, cada una de las estrategias mencionadas se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT. En cuanto a las estrategias del grupo II, el proyecto pretende que la ampliación de la vía de comunicación permita una mejora económica, social, dando además una mayor seguridad y accesibilidad, y para lograr el desarrollo sustentable de la región, para cumplir con las estrategias: D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional y estrategia E) Desarrollo Social. En cuanto a las estrategias del grupo III el presente proyecto pretende ayudar en el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad con el fin de impulsar proyectos productivos.

Tabla 1 Vinculación con los lineamientos del POEGT

Lineamiento	Vinculación
1. Proteger y usar responsablemente el patrimonio natural y cultural del territorio, consolidando la aplicación y el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, desarrollo rural y ordenamiento ecológico del territorio.	Tomando en cuenta que el proyecto se refiere a la modernización de un camino rural en donde los impactos significativos como la apertura del camino ya han ocurrido, se prevé que la ejecución del proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., no ponga en riesgo el equilibrio ecológico y la dinámica ecosistémica del área del proyecto, aunado a esto se proponen diversas medidas de prevención y mitigación para asegurar la viabilidad ambiental de este y son propuestas tomando siempre en cuenta el cumplimiento la normatividad aplicable.
4. Contar con mecanismos de coordinación y responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno para la protección, conservación y restauración del capital natural.	La evaluación y determinación de la factibilidad del proyecto en materia de impacto ambiental corresponde a la SEMARNAT y deberá ajustarse a la normatividad a cargo del Gobierno del Estado de México
5. Preservar la flora y la fauna, tanto en su espacio terrestre como en los sistemas hídricos a través de las acciones coordinadas entre las instituciones y la sociedad civil.	Con desarrollo del presente proyecto se fomentarán acciones para preservar y conservar la flora y fauna presente en la zona del proyecto
10. Reducir las tendencias de degradación ambiental, consideradas en el escenario tendencial del pronóstico, a través de la observación de las políticas del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.	El proyecto plantea la modernización de un camino rural el cual se encuentra principalmente en una cobertura de pastizales inducidos, con una mínima porción del camino sobre Bosque de Oyamel por lo que, si bien se generará una serie de impactos negativos, se prevé que estos impactos no sean significativos y que se vean reducidos mediante la ejecución de las medidas de mitigación y la aplicación de un plan de vigilancia ambiental. Con lo anterior se podrá garantizar la viabilidad ambiental del proyecto y dar cumplimiento al presente lineamiento al no comprometer el equilibrio ecológico y la prestación de los servicios ambientales actuales.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.2.2. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE MÉXICO

El ordenamiento ecológico se define jurídicamente como:

> "El instrumento de política ambiental cuyo objeto 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 y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de estos". (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Titulo Primero, Art. 3 fracción XXIII).

POLÍTICA AMBIENTAL. La política ambiental tiene presentes las interacciones permanentes entre la economía y la ecología, lo que hace necesario un ordenamiento del territorio desde el punto de vista ecológico. Como punto de partida, se incorpora el concepto que indica que las formas de producción, los patrones de consumo y la dinámica de la población tienen efectos directos sobre el estado de los recursos naturales, y se plantea que la interpretación de la realidad con base en escenarios espaciales y territoriales contribuye a explicar los problemas, dado que los procesos ambientales tanto de sistemas biofísicos como de ecosistemas necesariamente asumen una expresión territorial. La política ambiental reconoce que el territorio no es sólo un espacio físico o depósito más o menos grande de recursos naturales sino un ensamble de ecosistemas articulados históricamente a las actividades humanas, en donde a toda transformación o cambio social relevante corresponden significativas modificaciones ecológicas. Con ello queda claro que todo proceso de ordenamiento territorial se plantea rigurosamente desde un enfoque sistémico/holístico, porque debe tratar y analizar al territorio en forma integral, como hábitat natural, cultural, económico y social.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA). Una UGA es la unidad mínima territorial donde se aplican tanto lineamientos como estrategias ambientales, de política territorial, junto con esquemas de manejo de recursos naturales, es decir criterios o lineamientos finos del manejo de estos recursos, orientados a un desarrollo que transite a la sustentabilidad.

En 1999 la iniciativa del ejecutivo estatal, a través de la entonces Secretaría de Ecología, se decretó el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM) como una herramienta de planeación ambiental para el desarrollo, que se fundamenta en el aprovechamiento racional y sustentable de los recursos en el Estado de México. El POETEM es un instrumento de política ambiental que tiene como objetivo inducir los usos del suelo y las actividades productivas con la finalidad de lograr la protección del ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, como soporte y guía a la regulación del uso del suelo. Por su parte, se actualizarán de acuerdo con la normatividad vigente los 205 criterios generales de regulación ecológica, los cuales se aplican de acuerdo con los usos del suelo establecidos y son corresponsables a la política ambiental de cada unidad ecológica.

POLÍTICAS AMBIENTALES.

Las cuatro políticas establecidas para el Ordenamiento Ecológicos se definen a continuación:

- ✓ **POLÍTICA DE PROTECCIÓN. -** Política ambiental que promueve la permanencia de ecosistemas nativos, que debido a sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad en la unidad ambiental hacen imprescindible su preservación y cuidado extremo, con el objeto de salvaguardar su diversidad. Estas áreas son susceptibles de incorporarse al sistema de áreas naturales protegidas en el ámbito municipal,

estatal o federal. En esos casos, las actividades productivas sólo podrán desarrollarse mediante programa de conservación y manejo en atención a los intereses de la comunidad.

- ✓ **POLÍTICA DE CONSERVACIÓN. -** Cuando las condiciones de la unidad ambiental se mantienen en equilibrio la estrategia de desarrollo sustentable será condicionada a la preservación, mantenimiento y mejoramiento de su función ecológica relevante, que garantice la permanencia, continuidad, reproducción y mantenimiento de los recursos. En tal situación, se permitirán actividades productivas de acuerdo con la factibilidad ambiental con restricciones moderadas que aseguren su preservación sin promover el cambio de uso de suelo.

- ✓ **POLÍTICA DE RESTAURACIÓN. -** Cuando las alteraciones al equilibrio ecológico en una unidad ambiental son muy severas, hace necesaria la ejecución de acciones tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. Mediante esta política se promueve la aplicación de programas y actividades, encaminadas a la recuperación de los ecosistemas, promoviendo o no el cambio de uso del suelo. En estos casos se permitirán actividades productivas de acuerdo con la factibilidad ambiental con restricciones moderadas.

- ✓ **POLÍTICA DE APROVECHAMIENTO.** Cuando la unidad ambiental presenta condiciones aptas para el desarrollo sustentable de actividades productivas eficientes y socialmente útiles, dichas actividades contemplarán recomendaciones puntuales y restricciones leves, tratando de mantener la función y la capacidad de carga de los ecosistemas y promoviendo la permanencia o cambio del uso de suelo actual.

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, decretado en el Periódico Oficial el 04 de junio de 1999 y actualizado el 19 de diciembre de 2006, plantea 205 criterios de regulación, los cuales son recomendaciones para ser consideradas en los siguientes ámbitos:

- Desarrollo Urbano.
- Desarrollo Rural.
- Actividad minera de competencia estatal.
- Manejo de áreas naturales protegidas.

A continuación, serán analizados puntualmente los criterios, que comprenden las UGA´s que interactúan con el área de influencia del proyecto:

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA.

Son criterios que aplican para la unidad ecológica, tienen carácter de recomendación y su aplicación será congruente, tanto con las características socioeconómicas actuales de la región, como con la normatividad establecida por otras dependencias federales y estatales en la materia. El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México plantea 205 criterios de regulación, los cuales son recomendaciones para ser consideradas en los siguientes ámbitos:

a) Desarrollo urbano.
b) Desarrollo rural.
c) Actividad minera de competencia estatal.
d) Manejo de áreas naturales protegidas.

Vinculación:

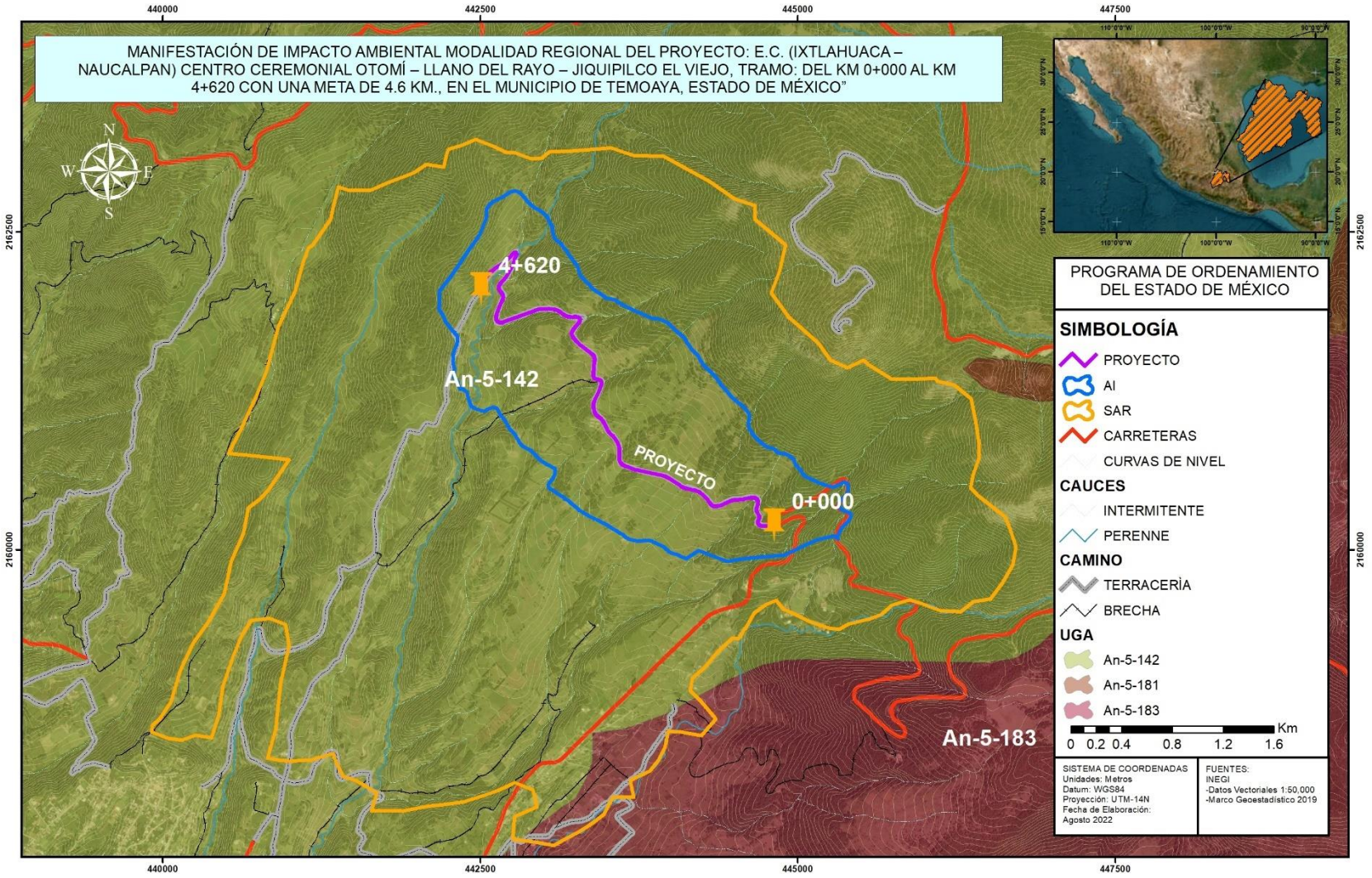
De manera participar el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra sobre la UGA AN-5-142 la cual se describe a continuación:

Tabla 2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.

CLAVE UGA	USO PREDOMINANTE	FRAGILIDAD AMBIENTAL	POLÍTICA AMBIENTAL	CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA
An-5-142	Área Natural Protegida	Máxima	Protección	82-108

Fuente: MOETEM, 2006

Imagen III. 5 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Tabla 3 Vinculación con los criterios aplicables en la regulación ambiental de la UGA AN-5-142

CRITERIO	RECOMENDACIÓN	VINCULACIÓN
82	Se promoverá que en cada área natural protegida (ANP) decretada en la entidad cuenta con su Programa de Conservación y Manejo	El ANP Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya, así como el Parque Ecológico, turístico y Recreativo Zempoala – La Bufa, denominado Parque Estatal "Otomí-Mexica" cuentan con su Programa de conservación y manejo los cuales se considerarán para el presente proyecto y serán vinculados en los siguientes apartados
83	Con la finalidad de conservar los recursos, los usos permitidos se definirán en el Programa de Conservación y Manejo respectivo	El proyecto considerará y respetará los usos permitidos definidos para las diversas zonas de las ANP en donde se encuentra el proyecto
84	Se promoverá el impulso a las actividades productivas acordes al decreto, quedando sujetas a la evaluación en materia de impacto ambiental federal o estatal correspondiente. Queda restringida la posibilidad de establecer asentamientos humanos	El proyecto de la modernización del camino no desarrollará ninguna actividad productiva en la zona
85	No se permitirán actividades turísticas o de servicios que afecten negativamente el ambiente por lo que la autoridad encargada de su administración deberá de regularlas conforme al decreto o en su caso a su Programa de Conservación y Manejo correspondiente	El proyecto no fomentará actividades turísticas en la zona, pues únicamente se trata de la modernización de un camino ya existente
86	Se deberá regular las actividades productivas y recreativas, con énfasis en la protección a las zonas de anidación y reproducción de fauna, así como contar con el visto bueno de la dependencia encargada de la administración	El proyecto no desarrollará actividades ni productivas ni recreativas, sin embargo, contará con las medidas necesarias para el ahuyentamiento, rescate y reubicación de especies de fauna en la zona.
87	Se deberían crear franjas de amortiguamiento (de por lo menos 50 metros, según lo permita el área y en función a los resultados de los estudios específicos) y desarrollar en ellas programas de reforestación, ecoturismo, acuacultura, entre otros	el proyecto considera la restitución 2 a 1 para las especies arbóreas afectadas
88	No se promoverá el desarrollo urbano, sólo se impulsarán aquellos usos y proyectos contemplados en el decreto o en el Programa de Conservación y Manejo y complementarios de las actividades recreativas, se considerará la autosuficiencia de agua y energía, así como la responsabilidad en el tratamiento y disposición final de desechos sólidos y líquidos	El proyecto de modernización del camino no fomentará el desarrollo urbano de la zona.
89	Se promoverá la reforestación en aquellas zonas consideradas como prioritarias para su restauración, así como en predios donde se ha solicitado la implementación de un programa de reforestación	Se considerará dicha cuestión por el proyecto
90	Se evitará el libre pastoreo en zonas de reforestación	No aplicable, pues el proyecto no fomentará el desarrollo de actividades productivas en la zona

91	En las zonas de aprovechamiento forestal, se propiciará el uso integral de los recursos a través de técnicas de ecodesarrollo que favorezcan los usos múltiples	No aplicable, pues el proyecto no fomentará el desarrollo de actividades productivas en la zona
92	En aprovechamientos autorizados, si no existen vías para la extracción de material cortado, se utilizarán animales de tiro y carga, por lo que queda prohibido el rodamiento de troncos	No aplica
93	En el caso de que existen caminos destinados a retirar el material, serán acondicionados en forma manual evitando la eliminación de la vegetación y la utilización de suelos susceptibles a la erosión	No aplica
94	En las áreas reforestadas, solamente se permite el uso de fertilizantes de origen orgánico, por lo que queda prohibida la introducción de cualquier producto inorgánico o tóxico dentro de estas zonas	No se realizará la introducción de agroquímicos por el proyecto
95	Se prohíbe el derribo de árboles, la extracción de humus, mantillo y suelo vegetal sin autorización previa competente	El proyecto es sometido a dicha evaluación para poder ejecutar la obra, conforme a la normatividad aplicable
96	Se deberá mantener en buen estado la vegetación nativa y representativa de la zona	El proyecto respetará la vegetación de la zona circundante al proyecto
97	En predios con pendientes altamente susceptibles a erosión hídrica y eólica, es necesaria la realización de trabajos de conservación y protección del suelo, por lo que solamente se podrá realizar cortas de selección, saneamiento y aclareo, de acuerdo al Programa de Conservación y Manejo	Se considerará dicha cuestión por el proyecto y se efectuarán las medidas necesarias para prevenir y mitigar los efectos derivados por la erosión hídrica en caso de que se presenten en la zona del proyecto
98	Se evitará la ampliación de la frontera agrícola	El proyecto de la modernización del camino no se encuentra relacionado al fomento de ampliación de la frontera agrícola
99	En el diseño de granjas acuícolas dentro de áreas naturales protegidas, deberá de apegarse a lo señalado en el Programa de Conservación y Manejo o Gaceta correspondiente	No aplica
100	En las granjas acuícolas que operen dentro de áreas naturales protegidas se prohíbe la descarga directa de sus aguas residuales a ríos, lagos, lagunas, a fin de evitar la contaminación y eutroficación de las aguas	No aplica
101	Considerar y mantener zonas de recarga de acuíferos para la conservación de la biodiversidad	El proyecto respetará las zonas de recarga de acuíferos
102	No se permitirá la explotación de materiales pétreos y minerales	No aplica
103	No deberán asentarse plantas de beneficio de mineral ni presas de jales, y se restringirá el uso de explosivos	No aplica
104	Se promoverá la conservación de las zonas de reserva y refugios silvestres de la mariposa monarca en particular: Cerro Pelón, Cerro Altamirano y Piedra Herrada	El proyecto promoverá la conservación de especies de mariposa monarca en la zona, así como de cualquier otra especie de fauna o flora presente en el sitio.
105	Se deberá elaborar un plan de señalamiento en los alrededores de los parques que presenten afluencia de visitantes o que si categoría y objeto de declaratoria requieran de especial cuidado	El proyecto no tiene injerencia en dichas acciones de señalamiento dentro de las ANP´s
106	Se impulsará la delimitación física de las áreas naturales protegidas con mayor presión demográfica, como el parque Otomí-Mexica, Sierra Morelos y Sierra de Tepotzotlán, entre otros	El proyecto no tiene injerencia en dichas acciones de señalamiento dentro de las ANP´s

107	En los anuncios promocionales deberán regirse por la Norma Técnica Estatal de Contaminación Visual	Los anuncios que se lleguen a realizar por el proyecto considerarán dicha Norma Técnica
108	Se prohíbe la ubicación de confinamientos de residuos sólidos (municipales, industriales y peligrosos	No aplicable, pues el proyecto no se relaciona con el confinamiento de residuos. Los residuos que lleguen a generarse por el proyecto serán gestionados de la mejor manera y entregados a autoridades municipales o empresas privadas competentes para su tratamiento y/o disposición final.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

El proyecto de la modernización del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se compromete a respetar y dar cumplimiento a los lineamientos establecidos por el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México y de manera particular a lo establecido por la UGA AN-5-142.

III.2.3. PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DE TEMOAYA

A la fecha de elaboración del presente estudio, el municipio de Temoaya, Estado de México no cuenta con un Programa de Ordenamiento Ecológico aplicado a su territorio, sin embargo desde el día 28 se noviembre del 2016 se ha creado el Comité de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Temoaya el cual será el encargado de la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Temoaya, sin embargo a la fecha no se ha culminado dicho programa.

Por lo anterior el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., no cuenta con criterios determinados por este programa que en contra de su establecimiento.

III.2.4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

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

Las ANP'S son definidas por la legislación federal como zonas del territorio nacional 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 de protección de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2007).

Teniendo como conocimiento, que las Áreas Naturales Protegidas están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley, específicamente con las disposiciones del Título Segundo de la LGEEPA sobre Biodiversidad y su Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas, específicamente en lo que se establece en el artículo 44, en el que se dispone la zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en los que los ambientes originales no han sido significa mente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en la Ley y los demás ordenamientos aplicables, considerando de acuerdo al artículo 46 de la misma Ley que son competencia federal las áreas naturales protegidas comprendidas como:

- Reservas de la Biosfera.
- Parques nacionales.
- Monumentos naturales.
- Áreas de protección de recursos naturales.
- Áreas de protección de flora y fauna.
- Santuarios.
- Parques y reservas estatales.
- Zona de preservación ecológica de los centros de población.

Tabla III. 7 Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México

ÁREA NATURAL PROTEGIDA	DECRETO DE CREACIÓN	SUPERFICIE EN HA.	UBICACIÓN	MUNICIPIOS
Bosencheve	01/08/1940	14,600	Edo. México Y Michoacán De Ocampo	Edo. México: Villa De Allende, Villa Victoria Y San José Del Rincón, Michoacán: Zitácuaro
Ciénegas Del Lerma	27/11/2002	3,024	Estado De México	Lerma, Ocoyoacac, Capulhuac, Tianguistenco, Metepec, San Mateo Atenco, Almoloya Del Rio y Texcalyacac
Cobio Chichinautzin	30/11/1988	37,195	DF, Morelos Y Edo. México	DF: Tlalpan, Morelos: Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan, Totolapan y Atlahuacan, México: Ocuilan y Juchitepec
Cuencas de los Ríos Valle De Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	23/06/2005	172,879	Estado México y Michoacán de Ocampo	Edo. Mex: Donato Guerra, Ixtapan Del Oro, Amanalco, Otzoloapan, San Simón De Guerrero, Texcaltitlan, Temascaltepec, Santo Tomas, Valle De Bravo, Zinacantepec, San Felipe Del Progreso, Villa Victoria, Villa De Allende, Almoloya De Juárez, Toluca, Mich: Susupuato y Zita
Desierto del Carmen o de Nixcongo	10/10/1942	475	Estado de México	Tenancingo, Malinalco y Álvaro Obregón
Insur. Miguel Hidalgo y Costilla	18/09/1936	1,920	Edo. México y D.F.	Edo. México: Ocoyoacac, Lerma y Huixquilucan, D.F: Cuajimalpa de Morelos
Iztaccíhuatl-Popocatépetl	11/02/1948	40,591	Edo. México, Puebla Y Morelos	Edo. Mex: Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla, Ecatzingo, Morelos: Tétela Del Volcán, Puebla: San Salvador El Verde, Huejotzingo, San Nicolás De Los Ranchos Y Tochimilco
Lagunas de Zempoala	19/05/1947	4,556	Edo. México y Morelos	Morelos: Huitzilac México: Ocuilan y Tianguistenco
Los Remedios	15/04/1938	468	Estado de México	Naucalpan de Juárez
Mariposa Monarca	07/06/2000	56,258	Edo. México y Michoacán de Ocampo	Michoacán: Contepec, Senguio, Angangueo, Aporo, Ocampo y Zitácuaro, Edo. Mex: Temascalcingo, San José Del Rincón, Villa De Allende y Donato Guerra
Molino de Flores Netzahualcóyotl	05/11/1937	49	Estado De México	Texcoco
Nevado de Toluca	19/02/1937	53,988	Estado De México	Toluca, Zinacantepec, Almoloya De Juárez, Amanalco, Temascaltepec, Coatepec Harinas, Villa Guerrero, Calimaya Y Tenango Del Valle
Parque estatal Ing. Gerardo Cruickshank García	04/06/2001	945.4	Estado de México	Chimalhuacán
Parque Nacional “Zoquiapan y Anexas”	13-mar-37	19,418	Texcoco, Ixtapaluca, Chalco y Tlalmanalco	Federal
Parque Nacional “Molino de Flores Nezahualcóyotl”	05-Nov-37	50.22	Texcoco	Federal

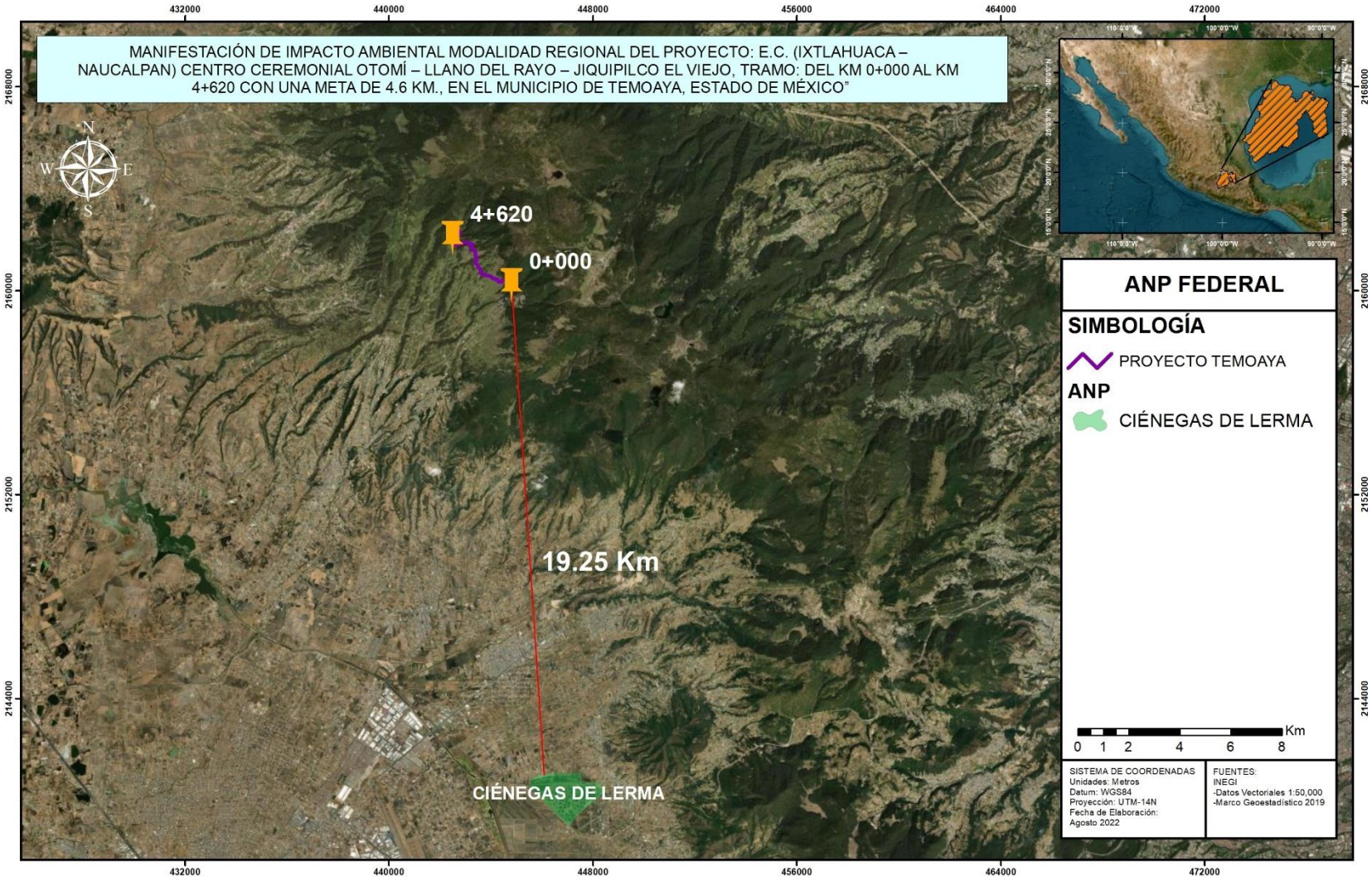
Reserva Ecológica "Sistema Tetzcotzingo"	31-may-01	7,810.95	Texcoco	Estatal
Parque Estatal "Sierra de Patlachique"	26-05-1997	3,123	Acolman, Tepetlaoxtoc y Chiautla	Estatal
Parque Estatal "Sierra de Guadalupe"	26-05-1997	6,322	Tlalnepantla, Ecatepec de Morelos, Coacalco y Tultitlán 50	Estatal
APRN Lago de Texcoco	22-03-2022	14,000.38	Estado de México	Atenco. Chimalhuacán, Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl y Texcoco

Fuente: CONANP, 2021; CONABIO, 2020

El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO se encuentra fuera de cualquier Área Natural Protegida de carácter Federal pues la más cercana es la del Área de Protección de Flora y Fauna "Ciénegas del Lerma" a 19.25 kilómetros, sin embargo el proyecto si se encuentra dentro de dos Áreas Naturales Protegidas Estatales las cuales son: Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Parque Otomí-Mexica y el Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya.

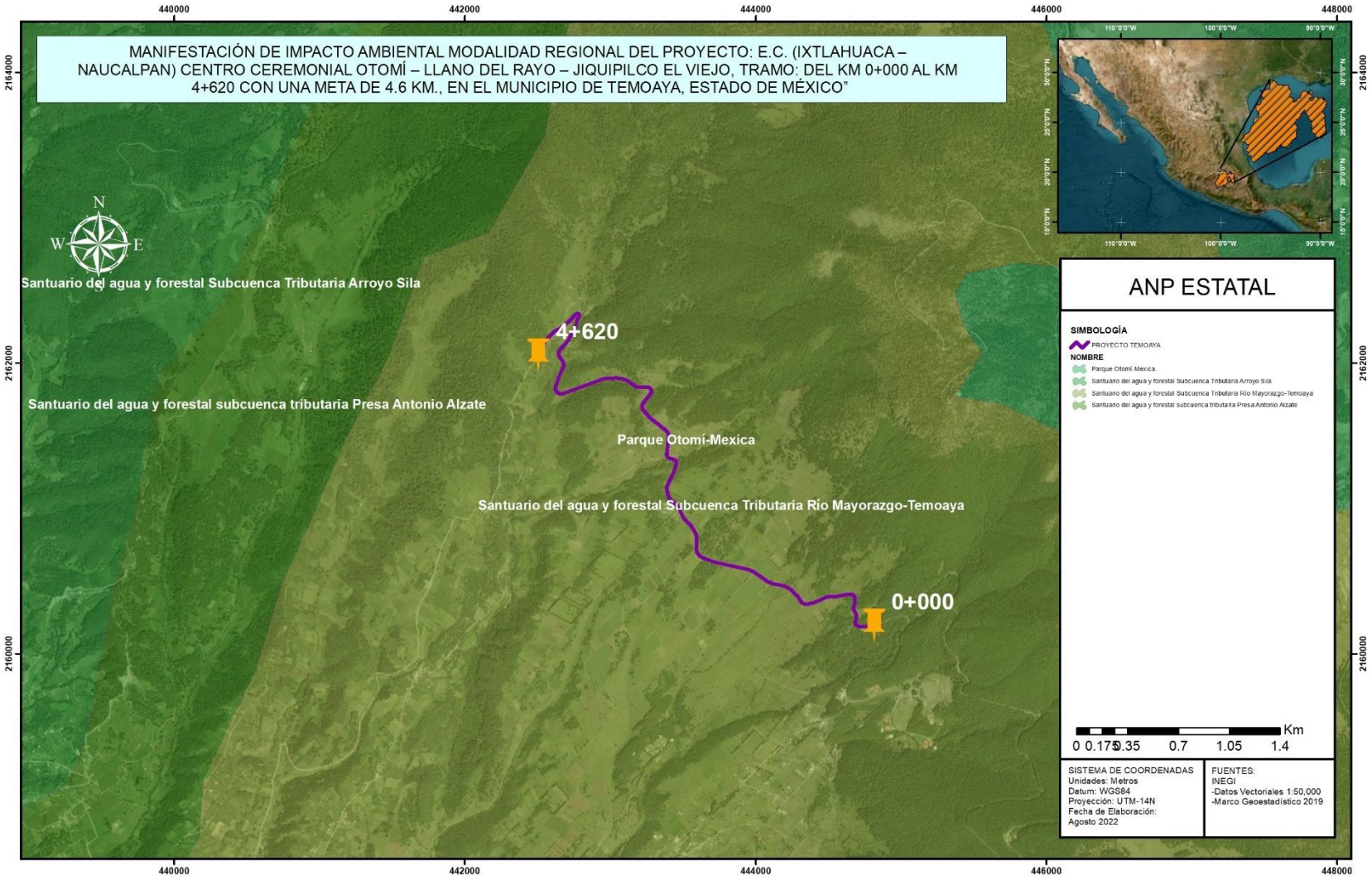
Finalmente, el proyecto se encuentra a 58.84 kilómetros del Área Destinada Voluntariamente a la Conservación Atzingo, ubicada en el municipio de Ocuilan, Estado de México. Lo anterior se puede observar a continuación en las siguientes imágenes:

Imagen III. 6 Áreas Naturales Protegidas Federales cercanas al proyecto



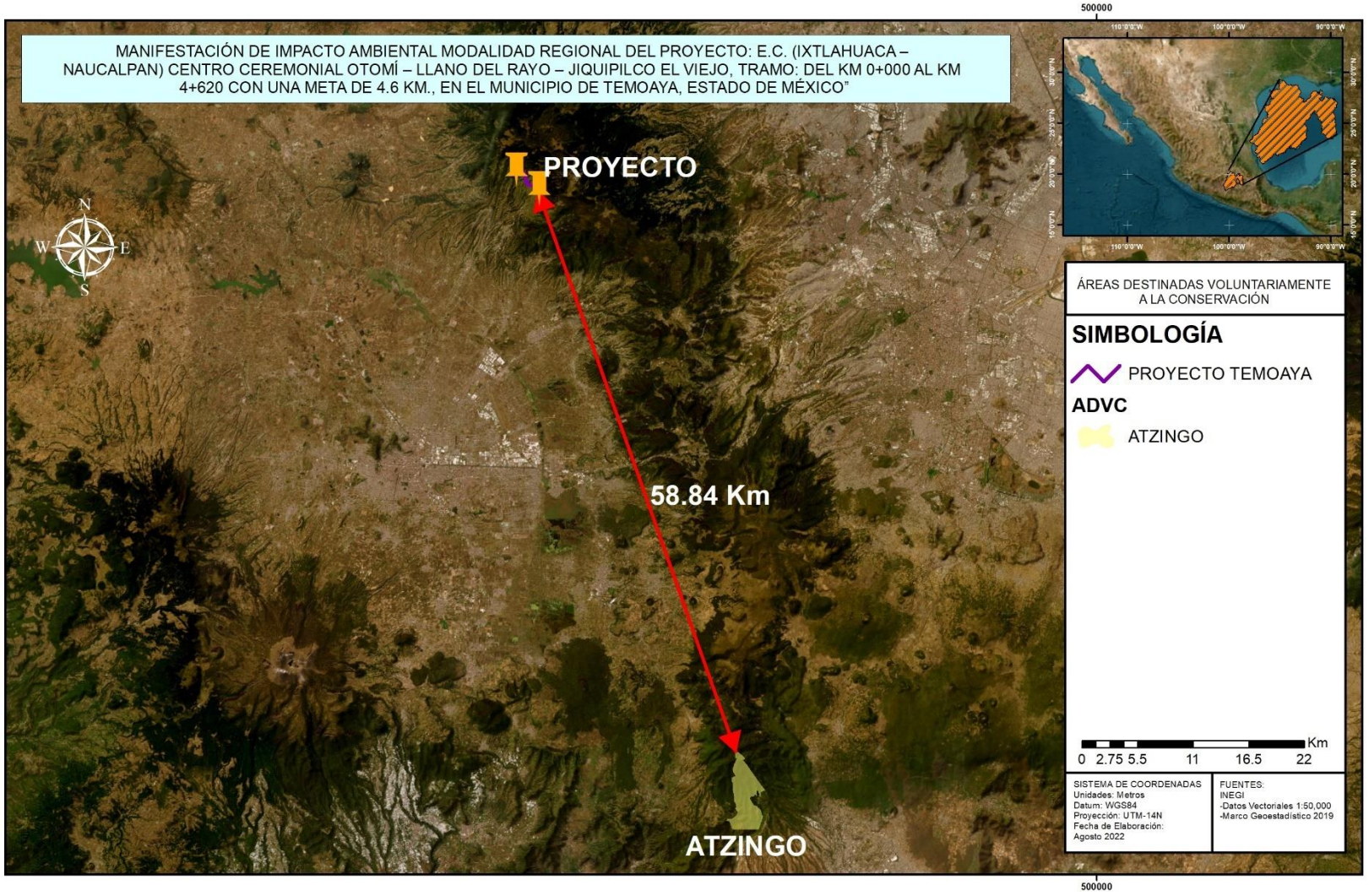
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Imagen III. 7 Áreas Naturales Protegidas Estatales cercanas al proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Imagen III. 8 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

REGLAMENTO DE LA LEY DE PARQUES ESTATALES Y MUNICIPALES DEL ESTADO.

CAPITULO I DE LAS AUTORIDADES Y SUS ATRIBUCIONES.

- ✓ **Artículo 1.-** El Ejecutivo podrá ejercer las atribuciones que le corresponden en materia de Parques, por sí o a través de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna y de otras Dependencias competentes. Los Ayuntamientos lo harán a través de sus presidentes Municipales.
- ✓ **Artículo 2.-** Los Parques Estatales y Municipales serán supervisados y coordinados respectivamente por la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, la que promoverá la integración de los Patronatos, capacitando al personal encargado del funcionamiento del Parque.
- ✓ **Artículo 3.-** El Ejecutivo, en el Decreto de creación o ampliación de Parques, señalará las zonas de reservas potenciales o de influencia, así como en qué medida quedan sujetas a restricciones sobre construcciones. Si la Autoridad no logra obtener la disposición de los predios, se respetará el régimen de propiedad, quedando sujetos a las restricciones de uso y destino previstos por la Ley.
- ✓ **Artículo 4.-** La Autoridad a partir de la apertura del Parque, procederá a fijar avisos y señalamientos en los lugares más visibles, especialmente la prohibición de hacer fuego, cortar árboles o dañar a los animales.
- ✓ **Artículo 5.-** Todas las Percepciones que por servicios o actividades lucrativas se obtengan en los Parques, serán invertidos en su propia conservación y ampliación de sus áreas e instalaciones y los remanentes se utilizarán para el fomento del bienestar de la niñez de los Municipios correspondientes, a través del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia.
- ✓ **Artículo 6.-** Tanto la Autoridad Estatal como la Municipal o cualquiera otra competente, tendrán en todo tiempo facultades para vigilar la correcta inversión de los fondos de los Patronatos.
- ✓ **Artículo 7.-** En caso necesario, la Autoridad podrá celebrar con los propios interesados o propietarios de terrenos, Convenios sobre el uso del suelo y la administración de los Parques.
- ✓ **Artículo 8.-** La Autoridad Estatal y Municipal, procederá, una vez emitido el Decreto de creación de Parques a señalar su perímetro, dejando los accesos necesarios y convenientes, señalando dentro del mismo previo acuerdo con los propietarios, en su caso con Organismos Federales, las áreas y sus destinos, especialmente las que corresponden a:
    - I. Zona de bosque natural;
    - II. Zona de reforestación;
    - III. Zona de coto y caza deportiva;
    - IV. Zona de pesca deportiva;
    - V. Zona para exposición y venta de productos tópicos y artesanías;
    - VI. Zona sujeta a mejoramiento de suelos;
    - VII. Zona para investigaciones agropecuarias;
    - VIII. Zona de viveros y almácigos;
    - IX. Otras que se consideren convenientes.
- ✓ **Artículo 9.-** Una vez cumplido con lo dispuesto por el artículo anterior, la propia Autoridad atendiendo a las condiciones que prevalezcan en cada Parque, programará y proyectará las accione, concretas que sean motivo de promoción, siendo prioritarias, las siguientes:
    - I. Protección y mejoramiento de la Flora y Fauna Silvestre;
    - II. Reforestación intensiva;
    - III. Regeneración de suelos;
    - IV. Control de escurrimientos;
    - V. Represas y canales;
    - VI. Tratamiento de desechos;
    - VII. Bordos y pequeña irrigación;
    - VIII. Regeneración y remodelación de viviendas;

IX. Otras que se consideren convenientes.

CAPITULO II PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES APOSENTADAS

- ✓ **Artículo 10.-**El Ejecutivo, a través de su Dirección Promotora del Mejoramiento del Ambiente y Servicio Social Voluntario, motivará la participación de las comunidades aposentadas para lograr su colaboración con la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna en el establecimiento de instalaciones, especialmente las consistentes en: reforestación, saneamiento, kioscos, andadores, albergues, comedores, balcones y otras semejantes.
- ✓ **Artículo 11.-**En igual forma, se motivará la participación de las comunidades, preferentemente las aposentadas dentro de los Parques, organizándolas en grupos de Trabajo Social Voluntario para que, de manera conjunta, busquen satisfacer sus necesidades, especialmente de servicio público, tales como:
  - I. Escuela;
  - II. Casa de Salud;
  - III. Regenerar y remodelar sus viviendas;
  - IV. Agua Potable;
  - V. Drenaje y fosas sépticas;
  - VI. Electrificación;
  - VII. Rastro;
  - VIII. Panteón;
  - IX. Alumbrado;
  - X. Caminos;
  - XI. Capilla;
  - XII. Otros que sean necesarios.
- ✓ **Artículo 12.-**Las Autoridades procurarán que cada población cuente con un Centro para el Desarrollo de la Comunidad, con sus instalaciones deportivas y recreativas, juegos infantiles, unidad de capacitación y adiestramiento, sala de lectura y otras.
- ✓ **Artículo 13.-**La propia Autoridad integrará y organizará brigadas de trabajo a fin de que participen en el saneamiento ambiental de los Parques, destacando, en caso necesario, especialistas que dirijan las campañas de integración y organización.

CAPITULO III DE LA PROMOCIÓN TURÍSTICA Y ARTESANAL

- ✓ **Artículo 14.-** En cumplimiento del Artículo 25 de la Ley de Parques, la Autoridad y el Patronato promoverán las artesanías regionales y los atractivos turísticos, mediante la publicidad, exposiciones y ferias regionales.
- ✓ **Artículo 15.-** Las Autoridades y los Patronatos darán preferencia a las actividades relativas a la conservación e impulso del folklore, en sus renglones de vestido, música, danza, cocina y otros similares.
- ✓ **Artículo 16.-** Se prestará atención especial a las actividades de la caza y pesca deportiva, fijando cuotas especiales para poder ejercitarlas, mismas que, aprobará la Autoridad competente.
- ✓ **Artículo 17.-** La Autoridad señalará, en cada Parque, los implementos que los visitantes deberán llevar consigo en sus recorridos, según las condiciones del área, del clima, de la flora y de la fauna.
- ✓ **Artículo 18.-** El acceso a los Parques se sujetará en su caso, al régimen de permiso de paso, recorrido, tiempo, distancia y otros que considere pertinentes la propia Autoridad.

CAPITULO IV DE LOS PATRONATOS

- ✓ **Artículo 19.-** Los Parques serán administrados por Patronatos o por Administradores, según lo disponen el Artículo 27 de la Ley y este Reglamento, los que coordinarán sus acciones con la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna.

- ✓ **Artículo 20.-** Los Patronatos se integrarán con los siguientes miembros: un representante del Ayuntamiento, uno por cada sector activo de la población del lugar, según lo determine la Autoridad, uno de la Industria Privada, en el caso de que ésta exista en el área territorial del bosque. Serán invitados a participar representantes de las siguientes Dependencias Federales: Secretaría de Salubridad y Asistencia, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de la Reforma Agraria, Secretaría de Turismo, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, así como de otras instituciones y Organismos que considere convenientes la Autoridad.
- ✓ **Artículo 21.-** La Autoridad designará, entre los miembros del Patronato, una Directiva compuesta por un presidente, un secretario y los demás miembros tendrán el carácter de Vocales; durarán en su encargo tres años. Por tratarse de funciones honoríficas, no gozarán de emolumentos. Un representante del Ejecutivo y las Autoridades Municipales tomarán la protesta y darán posesión de su cargo a los miembros del Patronato, levantándose el Acta correspondiente.
- ✓ **Artículo 22.-** Cuando el Parque rebase los límites de un Municipio, los Patronatos se integrarán con membresía proporcional al área que corresponda a cada uno de ellos. Sin embargo, teniendo en cuenta las comunicaciones y dimensión del Parque, podrá integrarse un Patronato por cada Municipio, mediante el Acuerdo de la Autoridad.
- ✓ **Artículo 23.-** Tendrán preferencia para integrar los Patronatos aquellas personas que representen a los propietarios o comunidades de las áreas que abarquen el perímetro del Parque
- ✓ **Artículo 24.-** Los Patronatos se reunirán en sesión cuando la urgencia o importancia del caso lo requiera, serán convocados siempre por su presidente o secretario, sin que se requiera quórum.
- ✓ **Artículo 25.-** Las sesiones del Patronato serán presididas por el presidente o por el secretario en ausencia de aquél. En caso de falta del presidente y del secretario a alguna sesión, ésta será diferida para fecha próxima, de tal manera que uno u otro asistan y la presidan.
- ✓ **Artículo 26.-** Las faltas temporales hasta de un mes del presidente, o del secretario, serán suplidas por los Vocales en forma numeral. Las faltas definitivas aún de los Vocales se cubrirán por nombramiento que haga el Ejecutivo, a propuesta del Ayuntamiento.
- ✓ **Artículo 27.-** Son funciones de los Patronatos:
    - I. Los que al efecto les señale la Ley de Parques y este Reglamento;
    - II. Fijar los programas a desarrollar, asignando tareas específicas a sus miembros;
    - III. Promover y realizar toda clase de actividades socioeconómicas, mediante las cuales se obtengan ingresos para el cumplimiento de sus objetivos;
    - IV. Lograr la participación, la colaboración y el auxilio de la comunidad en los trabajos que dentro de sus Parques se emprendan;
    - V. Gestionar, ante personas o Instituciones Públicas o Privadas, la ayuda para el desarrollo, incremento y operación de los Parques;
    - VI. Obtener el asesoramiento técnico de los agrónomos y otros profesionistas asignados en la región, para cumplir mejor sus funciones;
    - VII. Fomentar entre los visitantes el conocimiento de las artesanías y otros productos regionales, para promover su venta;
    - VIII. Las demás que resulten pertinentes para la buena marcha del Parque y el mejor cumplimiento de sus funciones.
- ✓ **Artículo 29.-** Son atribuciones del presidente del Patronato:
    - I. Presidir las sesiones del Patronato;
    - II. Representar legalmente al Patronato, pudiendo delegar dicha representación en otros miembros, previo acuerdo del Patronato;
    - III. Firmar con el secretario toda la correspondencia del Patronato;
    - IV. Ejecutar las resoluciones y determinaciones del Consejo del Patronato;

V. Las demás facultades y obligaciones que deriven del presente Reglamento.

- ✓ **Artículo 30.-** Son atribuciones del secretario:
  - I. Acordar con el presidente los asuntos del Patronato y dar cuenta, en las sesiones, de la marcha de estos;
  - II. Suscribir con el presidente los documentos respectivos;
  - III. Cursar los citatorios para las sesiones del Patronato;
  - IV. Redactar las actas de las sesiones, vigilando que se cumplan los acuerdos respectivos; y
  - V. Las demás facultades y obligaciones que deriven de este Reglamento o de los Acuerdos del Patronato.
- ✓ **Artículo 31.-** Son atribuciones de los Vocales:
  - I. Acudir a las reuniones del Patronato;
  - II. Cumplir con las comisiones que les encomiende el Patronato;
  - III. Substituir en su caso al presidente y secretario en sus faltas temporales, en la forma que determine el Patronato;
  - IV. Colaborar con los demás miembros del Patronato para el cumplimiento eficaz y oportuno de las funciones y finalidades de este; y
  - V. Las demás que les confiera el Patronato.
- ✓ **Artículo 32.-** Los Patronatos de los diversos Parques, se prestarán, entre sí, permanente colaboración e Intercambiarán en forma recíproca datos y experiencias para el mejor cumplimiento de su cometido.

CAPITULO V DISPOSICIONES GENERALES

- ✓ **Artículo 33.-** Cuando la Autoridad conceda permisos Temporales y precarios, previstos por el Artículo 5o. de la Ley, corresponderá a los Patronatos vigilar estrictamente que los permisionarios cumplan cabalmente con las condiciones que al efecto se precisen.
- ✓ **Artículo 34.-** Los Patronatos podrán sugerir a los H. Ayuntamientos que, al expedir sus Bandos de Gobierno, se incluyan disposiciones relativas al mejor funcionamiento de los Parques.
- ✓ **Artículo 35.-** La Autoridad y el Patronato vigilarán que, en los Parques o sus cercanías no se produzcan ruidos, gases, humos u otros, que pudiesen, en forma alguna, perjudicar la belleza natural, la flora o la fauna, o a los visitantes.
- ✓ **Artículo 36.-** Los Patronatos, cuando lo consideren necesario y previa autorización del Ejecutivo, podrán nombrar comisiones especiales que se encarguen de aspectos concretos en beneficio de los Parques.

TRANSITORIOS

PRIMERO. - Lo no previsto por este Reglamento, será resuelto por la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna y el Patronato en su caso.

SEGUNDO. - Este Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en la "Gaceta del Gobierno".

VINCULACIÓN.

En el Artículo 11 del Reglamento de la Ley de Parques Estatales y Municipales del Estado de México se estipula que se deberán satisfacer las necesidades de las comunidades aposentadas dentro de las ANP en referencia a temas de educación, salud, servicios como agua potable, drenaje, electricidad, alumbrado y caminos. De modo tal que el proyecto: "CAMINO REAL LOS NARANJOS – SAN MIGUEL LADERAS, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 2+000 CON UNA META DE 2.0 KM., EN EL MUNICIPIO DE IXTAPAN DE LA SAL, ESTADO DE MÉXICO", es vinculante con dicho apartado.

En el Artículo 11 del Reglamento de la Ley de Parques Estatales y Municipales del Estado de México se estipula que se deberán satisfacer las necesidades de las comunidades aposentadas dentro de las ANP en referencia a temas de educación, salud, servicios como agua potable, drenaje, electricidad, alumbrado y caminos, el presente proyecto al tratarse de la modernización de un camino se encuentra acorde a los lineamientos de tal reglamento, pues el mismo tiene el objetivo de brindar y mejorar las condiciones de movilidad de la zona norte del municipio de Temoaya para satisfacer las necesidades y requerimientos de las comunidades aledañas al trazo del camino, además de ello, el presente proyecto implementará acciones relacionadas con el Artículo 9 en donde se deberán desarrollar acciones prioritarias en favor del ambiente por el proyecto como el control de escurrimientos, tratamiento de desechos, reforestaciones, etc., las cuales se tomarán en cuenta para la ejecución de acciones de prevención y mitigación de posibles impactos ambientales, los cuales se proveen que serán mínimos pues el proyecto se desarrollará sobre un camio ya existente en donde únicamente se rectificaran los anchos del camio en sitios que así lo requieran.

III.2.4.1. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL PARQUE ESTATAL "SANTUARIO DEL AGUA Y FORESTAL SUBCUENCA TRIBUTARIA RÍO MAYORAZGO-TEMOAYA"

La zona conocida como Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya, la cual se encuentra en la parte centro-oeste de la cuenca Alta del Río Lerma en el Estado de México se declaró en el 2006 como un área Natural Protegida debido a que es un hábitat de especies endémicas y dominantes, así como a su importancia por áreas boscosas, recarga de acuíferos y sus manantiales. El ANP tiene una superficie de 25, 220,033 hectáreas y cuenta con una zonificación en donde se consideraron las aptitudes de las superficies contenidas, el grado de conservación, representatividad de sus ecosistemas, vocación natural del territorio y uso actual y potencial de las tierras, definiendo con ello 3 zonas:

- **Zona de protección:** De carácter preventivo, el resguardo de cañadas, áreas de alimentación de manantiales, zonas de vegetación con alta densidad o espacios relictos con alto grado de conservación, hábitat frágil de flora y fauna silvestre. En este caso, la modalidad de actividad será predominantemente la investigación, colecta científica y acciones que propicien la recuperación de los ecosistemas. A su vez, esta zona se podrá dividir en las siguientes subzonas;

a) ***Subzona de protección***: aquellas superficies del Área Natural Protegida, que han sufrido muy poca alteración y que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo. En estas subzonas sólo se permitirá realizar actividades de monitoreo del ambiente, de investigación científica, que no implique la extracción o el traslado de especímenes ni la modificación del hábitat, a excepción del saneamiento

b) ***Subzona de uso restringido***: Aquellas superficies en buen estado de conservación, donde se deben mantener las condiciones actuales de los ecosistemas e incluso mejorarlas

En estas subzonas se podrán realizar actividades de aprovechamiento, que no modifiquen los ecosistemas y las que se realicen serán sujetas a estrictas medidas de control y sólo se permitirá realizar actividades de investigación científica y monitoreo del ambiente, educación ambiental y turismo de bajo impacto, que no impliquen modificaciones de las condiciones originales, así como la construcción de instalaciones de apoyo, exclusivamente para la investigación científica y el monitoreo del ambiente.

- **Zonas de conservación:** Para lograr el adecuado mantenimiento de los recursos naturales existentes y de sus procesos, se permitirá un uso productivo mínimo y de manera condicionada a no rebasar la capacidad de carga. Se podrá dividir en las siguientes subzonas.

a) ***Subzona de preservación:*** Superficie en buen estado de conservación, que contiene ecosistemas frágiles o fenómenos naturales de migración o inmigración relevantes, el desarrollo de actividades requiere de un manejo especifico, para lograr su adecuada preservación
En esta zona sólo se permitirá la investigación científica y el monitoreo del ambiente, actividades de educación ambiental y actividades productivas de bajo impacto que no impliquen modificaciones sustanciales de las características o condiciones naturales originales, promovidas por las comunidades locales o con su participación y que se sujeten a la supervisión constante de los posibles impactos negativos que se ocasionen, de conformidad con los dispuesto en los órdenes jurídicos y reglamentarios que resulten aplicables

- **Zona de aprovechamiento:** En estas zonas se permitirá el aprovechamiento sostenible de los elementos naturales que lo integran con fines de producción económica, consolidación urbana y de servicios, especialmente en aquellas zonas donde existen y se prevén importantes centros de asentamientos humanos y desarrollo económico, como los corredores turísticos, de servicios y campestres de bajo impacto, con base en las limitantes y lineamientos que imponga el programa de manejo y el ordenamiento ecológico, y así mismo las acciones a desarrollar estarían sujetas a la normatividad vigente. Se podrá dividir en las siguientes subzonas:

a) ***Subzonas de uso tradicional:*** Superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema
En estas subzonas, sólo podrán realizarse actividades de investigación científica, educación ambiental y de turismo de bajo impacto, así como la infraestructura, de servicios y de apoyo que se requiera. Utilizando ecotecnologías y materiales tradicionales de construcción propios de la región, con el aprovechamiento de recursos naturales para satisfacer sus necesidades básica y autoconsumo

b) ***Subzona de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales:*** Superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados y que, por motivos de uso y conservación de sus ecosistemas a largo plazo, es necesario que todas las actividades productivas se efectúen, bajo esquemas de aprovechamiento sustentable
En estas zonas solo se permitirá el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales renovales, la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo de actividades turísticas de bajo impacto, así como el aprovechamientos sustentable de la vida silvestre, que solo podrá llevarse a cabo siempre y cuando se garantice su reproducción controlada o se mantengan o incrementen las poblaciones de las especies aprovechadas y el hábitat del que dependen y que se sustenten en los planes o programas respectivos autorizados por la Secretaría, conforme a las disposiciones legales aplicables

c) ***Subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas:*** superficies con usos agrícolas y pecuarios actuales. En estas subzonas se podrán realizar actividades agrícolas y pecuarias de baja intensidad, que se llevan a cabo en predios que cuenten con aptitud para este fin (no se permitirá la alteración del ecosistema para el establecimiento de nuevas áreas de cultico o agostadero), y aquellos en que dichas

actividades de agroforestería y silvopastoriles que sean compatibles con las acciones de conservación del área y que contribuyan al control de la erosión y degradación de los suelos.
Las actividades agrícolas, pecuarias, agroforestales y silvopastoriles que no se realicen en forma sustentable se deberán oriental hacia la sustentabilidad y se deberá disminuir el uso de agroquímicos e insumos externos.

d) ***Subzonas de aprovechamiento especial:*** Superficies generalmente de extensión reducida con presencia de recursos naturales que son esenciales para el desarrollo social y que deben ser explotados sin deteriorar el ecosistema ni modificar el paisaje además de no causar impactos ambientales irreversibles en los elementos naturales. En estas zonas solo se podrán ejecutar obras públicas o privadas para la instalación de infraestructura turística y de servicios o aprovechamiento de recursos naturales que generen beneficios públicos, que guarden armonía con el paisaje, que no provoquen desequilibrio ecológico irreversible y que sometan a estrictas regulaciones de uso sustentable

e) ***Subzonas de uso público:*** superficies que presentan atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento, en donde es posible mantener concentraciones de visitantes en función de la capacidad de carga de los ecosistemas. En estas subzonas solo podrán llevarse a cabo exclusivamente la construcción de instalaciones para el desarrollo de servicios ecoturísticos, para la investigación y monitoreo del ambiente y la educación ambiental.

f) ***Subzonas de asentamientos humanos:*** superficies donde se ha llevado a cabo una modificación sustancial o desaparición de los ecosistemas originales, debido a desarrollo de asentamientos humanos, o actividades agrícolas, pecuarias, agroforestales y silvopastoriles, previos a la declaratoria del área natural protegida y las áreas urbanas y urbanizables de crecimiento de los asentamientos humanos con fines de consolidación y crecimiento económico, urbano, ecoturístico, de servicios y campestres de bajo impacto, en concordancia con el Programa de Conservación y Manejo respectivo, conforme a la normatividad vigente, para apoyar el desarrollo integral del Sistema Urbano del Valle de Toluca-Lerma y elevar el nivel de vida de sus habitantes

g) ***Subzonas de desarrollo económico:*** En estas áreas se podrán realizar actividades para la consolidación y fomento de corredores turísticos y de servicios para el desarrollo económico de la región, tomando como base el uso actual de la subzona, la belleza del paisaje y los desarrollos existentes anteriores a la declaratoria.

- Zonas de restauración: En función de la importancia ecológica que tenga su recuperación, la modalidad de uso será fundamentalmente con acciones que coadyuven a la recuperación ecológico-productiva, como plantaciones forestales comerciales; protección de taludes, bordes de cauces, cárcavas y canalillos, mediante propagación de especies vegetales pioneras, pastización y plantación de arbustos rústicos como agaves, nopales, jarillas, tepozán, madroño, aile, leguminosas, capulín, fresno, granadillo, entre otras, con el afán de estabilizar taludes, construcción de estructuras de contención de sedimentos y azolves

  En función del grado de recuperación que se logre, se podrán establecer con posterioridad, actividades compatibles con los objetivos de conservación y recuperación ambiental para favorecer la retención de agua pluvial y la recarga del acuífero, convirtiéndose en nuevos espacios que favorezcan la realización de

actividades ecológicas productivas de carácter sustentable. Así mismo, podrán ser lugares donde se traslade a grupos y organizaciones civiles y sociales para realizar trabajos de aportaciones altruistas para la recuperación ambiental de dichas zonas.

a) ***Subzonas de recuperación:*** Superficies en las que los recursos naturales han sido severamente alterados o modificados y que serán objeto de programas de recuperación o rehabilitación

Vinculación:

El Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal denominado "Santuario del Agua y forestal subcuenca tributaria río Mayorazgo-Temoaya" disponible en el Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno" del Estado de México cuenta con el mapa de zonificación únicamente de las zonas y no de las subzonas que se mencionan en dicho programa, por lo que únicamente es posible vincular dicha cuestión. De manera particular el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra sobre una zona definida como de Conservación y otra de Aprovechamiento.

Tabla 4 Vinculación del proyecto con el Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal "Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya"

Zona	Vinculación
Aprovechamiento	En la zona es permitido realizar aprovechamientos de manera sostenible, sin embargo, el proyecto de la modernización del camino no realizará ninguna actividad de aprovechamiento de los recursos naturales de la zona. Adicional a ello es una zona en donde es permitido realizar actividades para la consolidación y fomento de corredores turísticos y de servicios para el desarrollo económico de la región, tomando como base el uso actual, la belleza del paisaje y los desarrollos existentes anteriores a la declaratoria. El presente proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., es parte de un programa de consolidación y mejora de las vialidades públicas en donde se permita y fomente el crecimiento económico de la región y la movilidad de una forma segura y eficiente de personas, bienes y servicios a través de la mejora de un camino ya existente en donde se aplicarán acciones de mitigación de los posibles impactos que se pudieran tener hacia los recursos naturales, sin embargo como ya se ha mencionado, los mismos serán mínimos.
Conservación	En la zona se permite un uso productivo mínimo y de manera condicionada en donde no se rebase la capacidad de carga, además de acciones que no impliquen modificaciones sustanciales de las características o condiciones naturales originales promovidas por las comunidades locales o con su participación y que se sujeten a supervisión constante de los posibles impactos negativos que se ocasiones, por lo anterior el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., no implica la modificación de condiciones naturales, sino que se trata de la rehabilitación de un camino ya existente el cual permite el traslado de personas y el intercambio de bienes y servicios por la zona con beneficios directos a las comunidades locales. Adicional a ello el proyecto identificará, propondrá y ejecutará medidas de prevención y mitigación de los posibles impactos negativos que se podrían suscitar hacia el ambiente, los cuales serán descritos en los próximos apartados del presente documento.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

A continuación, se muestran las actividades permitidas y prohibidas de acuerdo con la zonificación en donde se encuentra el proyecto, determinadas por el Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal denominado "Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo.-Temoaya"

Tabla 5 Actividades permitidas en el ANP

Actividades	Zona de Aprovechamiento	Zona de Conservación	Vinculación con el proyecto
CONSTRUCCION DE INFRAESTURCTURA			
Habitacional de baja densidad	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Comerio y servicios	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Cabañas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Instalaciones recreativas, culturales o administrativas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Infraestructura para investigación y monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Caminos pavimentados	Permitido	NO	El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se desarrolla en una mínima parte de porción sobre la zona de conservación del ANP, pero en dicha sección no se pavimentara el camino para respetar la restricción aplicable. En lugar de utilizar una cubierta asfáltica se empleara un material permeable, como tezontle.
Caminos no pavimentados	Permitido	Permitido	En las zonas que se requiera dada la restricción de la zona de conservación se tendra un camino **NO PAVIMENTADO**
Senderos pedestres	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Senderos ecuestres	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto

Senderos ciclistas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Senderos interpretativos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Alojamiento ecoturístico	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Pistas de vehículos todo terreno	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Rellenos sanitarios	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Rehabilitación de minas	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Restauración de socavos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Bordos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Líneas eléctricas aéreas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Líneas y ductos subterráneas para servicios	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Estaciones meteorológicas y de monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Campos de golf	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Escuelas	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
INVESTIGACIÓN, MONITOREO Y VIGILANCIA			
Inspección y vigilancia	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Investigación y monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Colecta científica	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
EXTRACTIVAS			
Pesca deportiva o de autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Cacería deportiva de autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Colecta de flora para autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Agricultura	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Agricultura orgánica	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Pastoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Ganadería	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Bancos de material/minas	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
EDUCATIVAS Y RECREATIVAS			

Campismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Excursionismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Fotografía	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Educación ambiental	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Rapell	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Arborismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Ciclismo de montaña	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Jardines y áreas verdes	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
Automotores a campo traviesa	Permitido	NO	No aplicable con el proyecto
RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Restauración ambiental	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Reintroducción/traslocación de especies nativas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Creación de charcas para la vida silvestre	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Mejoramiento del hábitat para la vida silvestre	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Manejo forestal sustentable	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Represas para captación de agua	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Dentro del actual Parque Estatal “Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo.-Temoaya” se encuentran vialidades que permiten la comunicación de las comunidades de la región, sin embargo, la circulación por ellas muchas veces es ineficiente pues debido a su uso y a las condiciones actuales del camino, este presenta en algunos tramos cárcavas y rocas de menor tamaño que reducen la velocidad de trasladado por la zona. Además de acuerdo con la zonificación de dicha ANP, el camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra dentro principalmente de una zona de aprovechamiento (97.6%) en donde es permitido el desarrollo de caminos pavimentados, el porcentaje restante el proyecto no tendra una superficie de rodamiento pavimentada y se contara con material permeable como tezontle para facilitar la circulación en la zona.

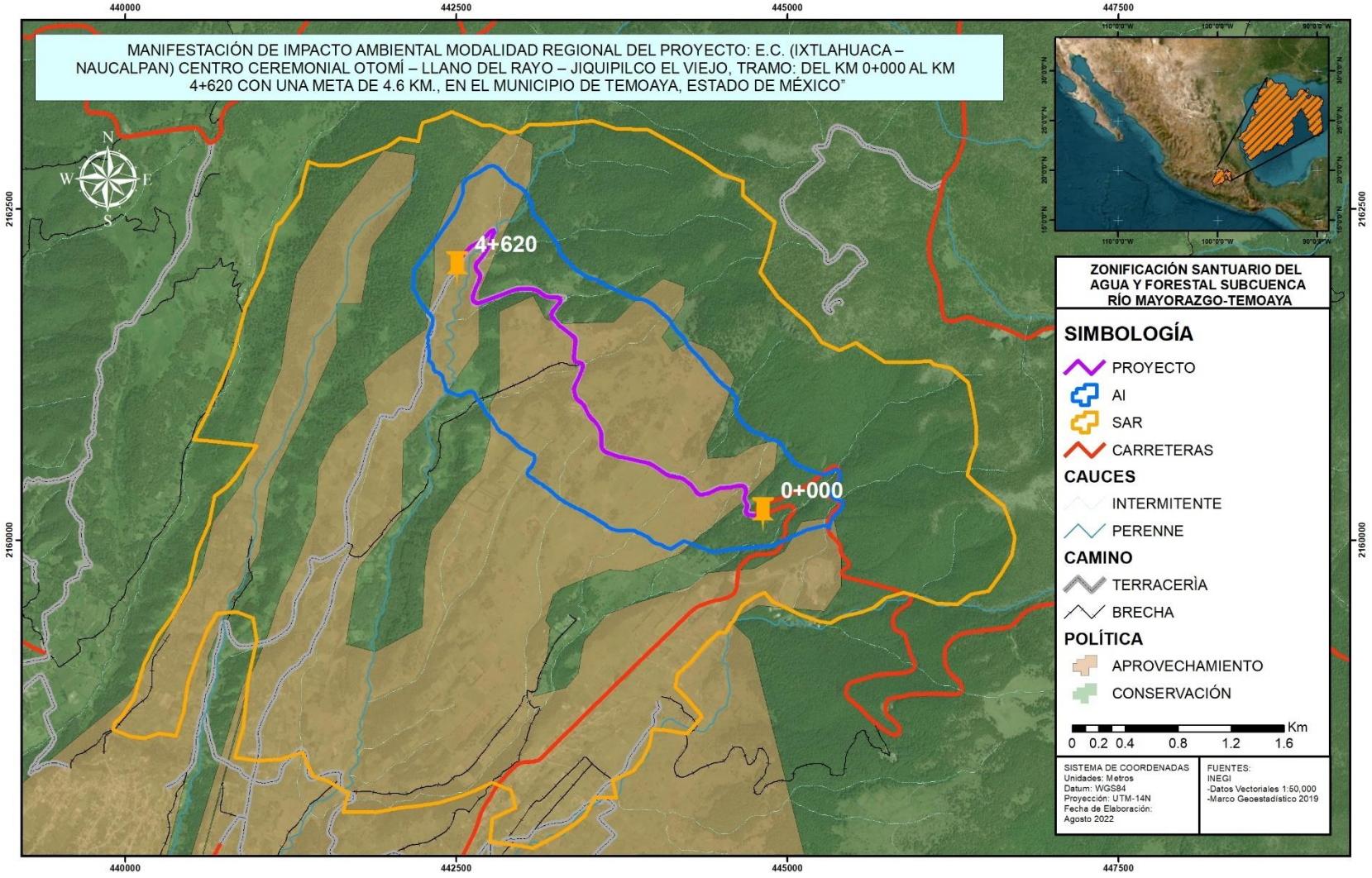
Es importante recalcar que el presente proyecto únicamente trata de la rehabilitación de un camino ya existente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas cercanas al proyecto al permitir un traslado más eficiente por la zona, en el cual no se realizará ningún aprovechamiento de recursos naturales y en donde se

realizarán medidas de prevención y mitigación, las cuales mantendrán y mejorarán en la medida de lo posible las condiciones ambientales presentes en la zona.

Adicional a lo anterior, el presente proyecto es compatible con las necesidades actuales y futuras de la zona, pues de acuerdo al artículo sexto inciso a de la declaratoria del Ejecutivo del Estado por el que se establece el área Natural Protegida con la categoría de Parque Estatal denominada “Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya” en donde se menciona que: “cualquier obra de infraestructura de beneficio social deberá ser acorde con el crecimiento de los pueblos y comunidades, y se sujetará a la normatividad aplicable y autorizaciones correspondientes de las Dependencias y municipios involucrados” .

Por lo anterior, el proyecto ha desarrollado el presente documento para su evaluación considerando los lineamientos legales en los cuales se debe regir para su aprobación y ejecución, siguiendo lo indicado de acuerdo a diversos órdenes de gobierno.

Imagen 1 Zonificación del Parque Estatal denominado "Santuario del Agua y forestal subcuenca tributaria río Mayorazgo-Temoaya"



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.2.4.2. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL PARQUE ECOLÓGICO, TURISTICO Y RECREATIVO ZEMPOALA – LA BUFA, DENOMINADO PARQUE ESTATAL "OTOMÍ-MEXICA"

De acuerdo con el Programa de Conservación y Manejo del Parque Ecológico, el Parque Estatal "Otomí-Mexica" cuenta con 105,875 hectáreas distribuidas en 17 municipios y es una de las representaciones biogeográficas más importantes del estado, su importancia radica en la gran extensión que ocupa, en los servicios ambientales que provee a la región, al mantenimiento de numerosas especies de flora y fauna, su valor científico, educativo, y de recreación para los habitantes del Estado de Mexico y sus visitantes.

De manera particular el Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal "Otomí-Mexica" es un instrumento de planeación que tiene por objetivo asegurar la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ambientales, buscando que las actividades que se desarrollan dentro del parque sean compatibles con la conservación. El cual se desarrolló bajo la metodología y con base en los criterios y términos de referencia vigentes al 2009, emitidos por la CONANP, con el cual se busca contribuir a la preservación del equilibrio ecológico, el uso sustentable de los recursos naturales y el brindar a la comunidad alternativas de esparcimiento, producción recreación.

El ANP cuenta con una zonificación la cual establece normas de uso específicas para ciertas zonas, basadas en criterios claros y acordes a los requerimientos particulares de protección, la cual hace más efectiva la conservación sin disminuir el potencial de aprovechamiento sustentable de los recursos existentes en el área. Las zonas se clasifican en diversas políticas de conservación establecidas en función de la cobertura forestal, pendientes, presencia de manantiales, grado de erosión, grado de conservación, representatividad de sus ecosistemas, vocación natural del terreno y de uso actual y potencial. Dichas zonas se describen a continuación:

- **Zonas de protección:** Esta zona pretende el resguardo de cañadas, áreas de recarga de manantiales, zonas de vegetación con alta densidad o espacios relictos con alta integridad ecológica, hábitat frágil de flora y fauna silvestre. En las zonas de protección será posible llevar a cabo una serie de actividades condicionadas que minimicen el impacto ambiental producido por las obras de ingeniería, incentiven la conservación del bosque, la belleza escénica, conservación y restauración de los suelos, captación e infiltración de agua de lluvia y a la vez permitan a los dueños de la tierra generar bienestar económico.

- **Zonas de conservación:** Son sitios que aún mantienen vegetación en buen estado en donde se pueden llevar a cabo actividades productivas sustentables, que estén condicionadas a no rebasar la capacidad de carga; o degradar el ecosistema; o reducir la provisión de los servicios ambientales. Entre las actividades permitidas se encuentran las mismas que en las zonas de protección, además de permitirse desarrollar urbanos de baja densidad.

- **Zonas de aprovechamiento:** Son sitios sin la vegetación original, o en los cuales el estado de los ecosistemas es tal, que contribuyen de forma limitada a la provisión de servicios ambientales. En estas zonas se permitirá el uso sustentable e intensivo de los elementos naturales que lo integren con fines de producción económica y consolidación urbana con base en las limitantes y lineamientos que imponga el programa de manejo y el ordenamiento ecológico. Asimismo, las acciones a desarrollar estarán sujetas a la normatividad vigente.

- **Zonas de restauración:** En función de la importancia ecológica que tenga la recuperación la modalidad de uso será fundamentalmente con acciones que coadyuven a la recuperación ecológica-productiva, como plantaciones forestales comerciales; protección de taludes, bordes de cauces, cárcavas y canalillos, propagación de especies vegetales pioneras, pastización y plantación de arbustos rústicos como agaves,

nopales, jarillas, tepozán, madroño, aile, leguminosas, capulín, fresno, granadillo, entre otras, con el afán de estabilizar taludes; construcción de estructuras de contención de sedimentos y azolves.

En función del grado de recuperación que se logre se podrán establecer posteriormente, actividades compatibles con los objetivos de conservación y recuperación ambiental para favorecer la retención de agua pluvial y la recarga de mantos freáticos, convirtiéndose en nuevos espacios que favorezcan la realización de actividades ecológicas productivas de carácter sustentable. Así mismo, podrán ser lugares donde se traslade a grupos y organizaciones civiles y sociales para realizar trabajos y aportaciones altruistas para la recuperación ambiental de dichas áreas. La densidad permitida se dará en función de las casas que no se construyan en la zona de protección.

Vinculación:

De acuerdo con la zonificación del Programa de Conservación y Manejo del Parque Ecológico, turístico y Recreativo Zempoala – La Bufa, denominado Parque Estatal "Otomí-Mexica" y al "Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del Parque Otomí-Mexica", Estado de México" (Juan *et al.,* 2017), el proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra zona una zona de manejo correspondiente a "Conservación" y "Aprovechamiento"

Tabla 6 Vinculación del proyecto con el Programa de Conservación y Manejo del Parque Ecológico, turístico y Recreativo Zempoala – La Bufa, denominado Parque Estatal "Otomí-Mexica"

Zona	Vinculación
Aprovechamiento	Son sitios en donde la vegetación original ha sufrido alteraciones ya sea por procesos antropogénicos o naturales, en las cuales derivado del Programa de Manejo del ANP es posible desarrollar actividades con un enfoque de sustentabilidad con fines productivos, económicos y de consolidación urbana. De manera particular en ellas es posible el establecimiento de caminos pavimentados y sin pavimentar, por lo que el presente proyecto es viable de desarrollarse en tal zona.
Conservación	El trazo que se encuentra en una zona definida como "Conservación" es mínima por el presente proyecto pues únicamente corresponde al 2.4%. De acuerdo con el PCM en dicha zona es posible desarrollar actividades productivas sustentables en donde no se rebase la capacidad de carga del ecosistema. Para tal zonificación los caminos por pavimentar se encuentran condicionados, según la necesidad de su desarrollo. El camino por modernizar correspondiente al E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., que se encuentra sobre una cobertura de pastizales inducidos de acuerdo con la información cartográfica resiente (Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, INEGI, 2021) y a las condiciones presentes del sitio validadas en campo. Dicho camino conecta diversas localidades de la región norte del municipio y es de las pocas vialidades existentes en la zona, por lo cual la prioridad de su modernización es alta pues su rehabilitación no solamente beneficiará a la población local al brindar una vialidad más eficiente y segura, sino que también es prioritaria pues permite el acercamiento a las zonas donde se encuentra aún bosques conservados para su investigación, saneamiento, desarrollo de reforestaciones, etc., de importancia para el mantenimiento de la vegetación remanente en el municipio.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Tabla 7 Actividades permitidas en el ANP

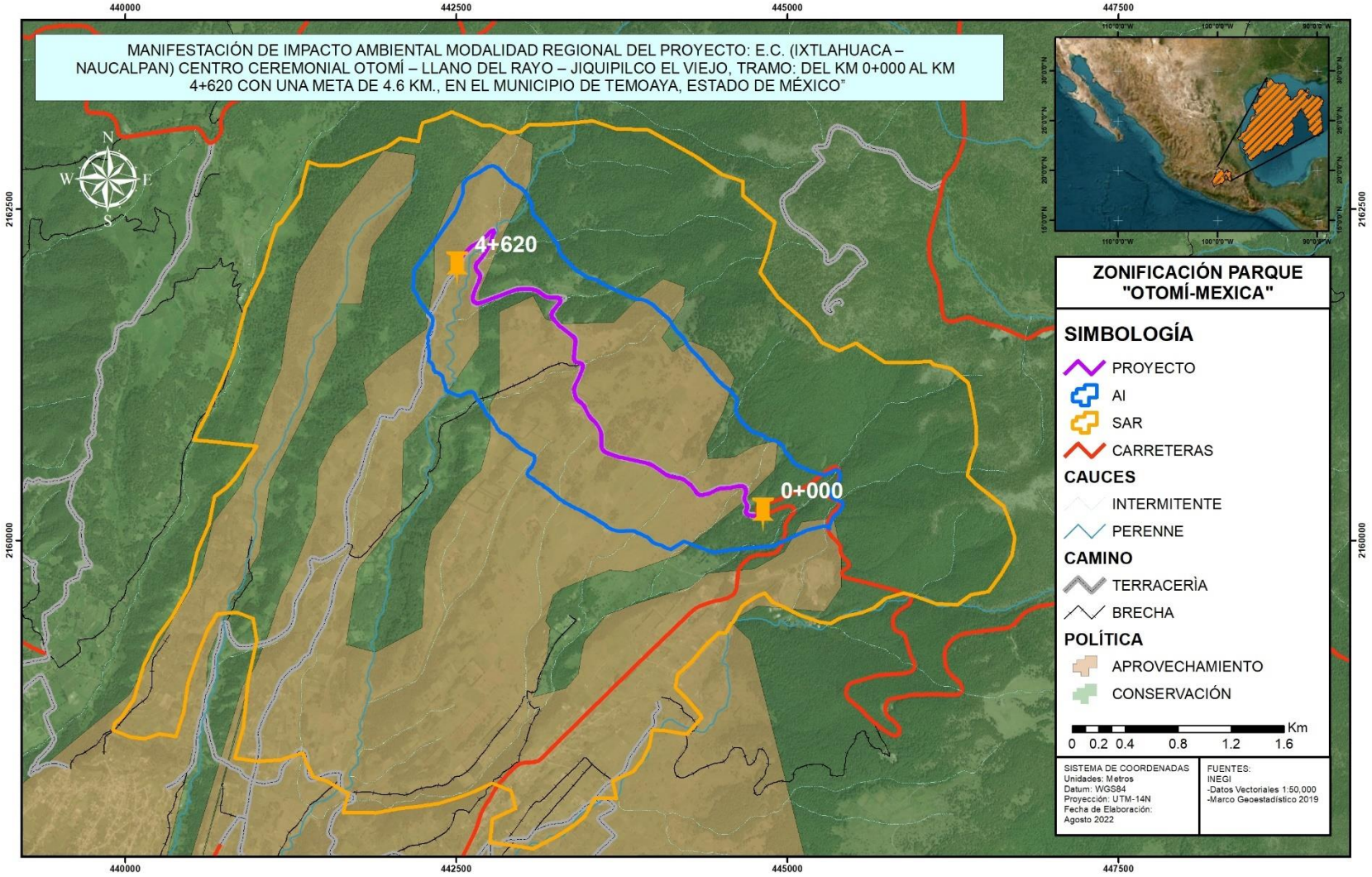
Actividades	Zona de Aprovechamiento	Zona de Conservación	Vinculación con el proyecto
CONSTRUCCION DE INFRAESTURCTURA			
Casas habitación	Permitido	Condicionada	No aplicable con el proyecto
Comerio y servicios	Permitido	Condicionada	No aplicable con el proyecto
Cabañas	Permitido	Condicionada	No aplicable con el proyecto
Instalaciones recreativas, culturales o administrativas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Infraestructura para investigación y monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Caminos pavimentados	Permitido	Condicionada	El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra en casi su totalidad (97.6%) sobre una política de Aprovechamiento y el resto sobre una de Conservación, en donde es necesario el mejoramiento de la vialidad para mejorar las condiciones de servicio brindadas a las personas que transitan por dicha región, sin dejar de lado la importancia ambiental de la zona, pues el presente proyecto desarrollará medidas preventivas y de mitigación de los posibles impactos ambientales negativos que se ocasiones, sin embargo estos serán mínimos pues actualmente el ancho promedio del camino es de 6.9 metros y el ancho de calzada y corona del proyecto es de 6.0 metros. Así mismo existirán zonas de transición entre la superficie de rodamiento del proyecto
Caminos no pavimentados	Permitido	Condicionada	Las condiciones actuales del presente proyecto

			corresponden a un camino sin pavimentar.
Senderos pedestres	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Senderos ecuestres	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Senderos ciclistas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Senderos interpretativos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Alojamiento ecoturístico	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Pistas de vehículos todo terreno	Prohibidas	Prohibidas	No aplicable con el proyecto
Rellenos sanitarios	Condicionada	Prohibidas	No aplicable con el proyecto
Rehabilitación de minas	Condicionada	Condicionada	No aplicable con el proyecto
Restauración de socavos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Bordos	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Líneas eléctricas aéreas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Líneas y ductos subterráneas para servicios	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Estaciones meteorológicas y de monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Campos de golf	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Escuelas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
INVESTIGACIÓN, MONITOREO Y VIGILANCIA			
Inspección y vigilancia	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Investigación y monitoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Colecta científica	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
EXTRACTIVAS			
Pesca deportiva o de autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Cacería deportiva de autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Colecta de flora para autoconsumo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Agricultura	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Agricultura orgánica	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Pastoreo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Ganadería	Permitido	Condicionada	No aplicable con el proyecto
Bancos de material/minas	Permitido	Condicionada	No aplicable con el proyecto
EDUCATIVAS Y RECREATIVAS			
Campismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Excursionismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Fotografía	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Educación ambiental	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Rapell	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Arborismo	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Ciclismo de montaña	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Jardines y áreas verdes	Prohibidas	Permitido	No aplicable con el proyecto
Automotores a campo traviesa	Condicionada	Condicionada	No aplicable con el proyecto
RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Restauración ambiental	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Reintroducción/traslocación de especies nativas	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Creación de charcas para la vida silvestre	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Mejoramiento del hábitat para la vida silvestre	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Manejo forestal sustentable	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto
Represas para captación de agua	Permitido	Permitido	No aplicable con el proyecto

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., se encuentra principalmente sobre una política de Aprovechamiento y en una mínima parte sobre un uso destinado a la Conservación, en donde para este último la modificación del camino sin pavimentar a pavimentar deberá estar condicionada a las necesidades y a las condiciones del sitio, sin embargo la porción del trazo que se encuentra sobre dicha porción es mínima correspondiente al 2.4% del trazo del camino del proyecto en donde a la fecha dicho camino es de las pocas vialidades presentes en la zona norte del municipio de Temoaya que permite la comunicación entre el Centro Ceremonial Otomí, Bravo del Rayo y Jiquipilco El Viejo con el resto de la región, sobre el cual se desarrolla de acuerdo a la Serie VII Uso de Duelo y Vegetación (INEGI, 2021) un uso del suelo correspondiente a Pastizales inducidos, por lo que se espera que los impactos ambientales negativos sean mínimos, por las condiciones ambientales actuales sumado a la presencia del camino desde hace ya varios años .

Imagen 2 Zonificación del Parque Ecológico, turístico y Recreativo Zempoala – La Bufa, denominado Parque Estatal "Otomí-Mexica"



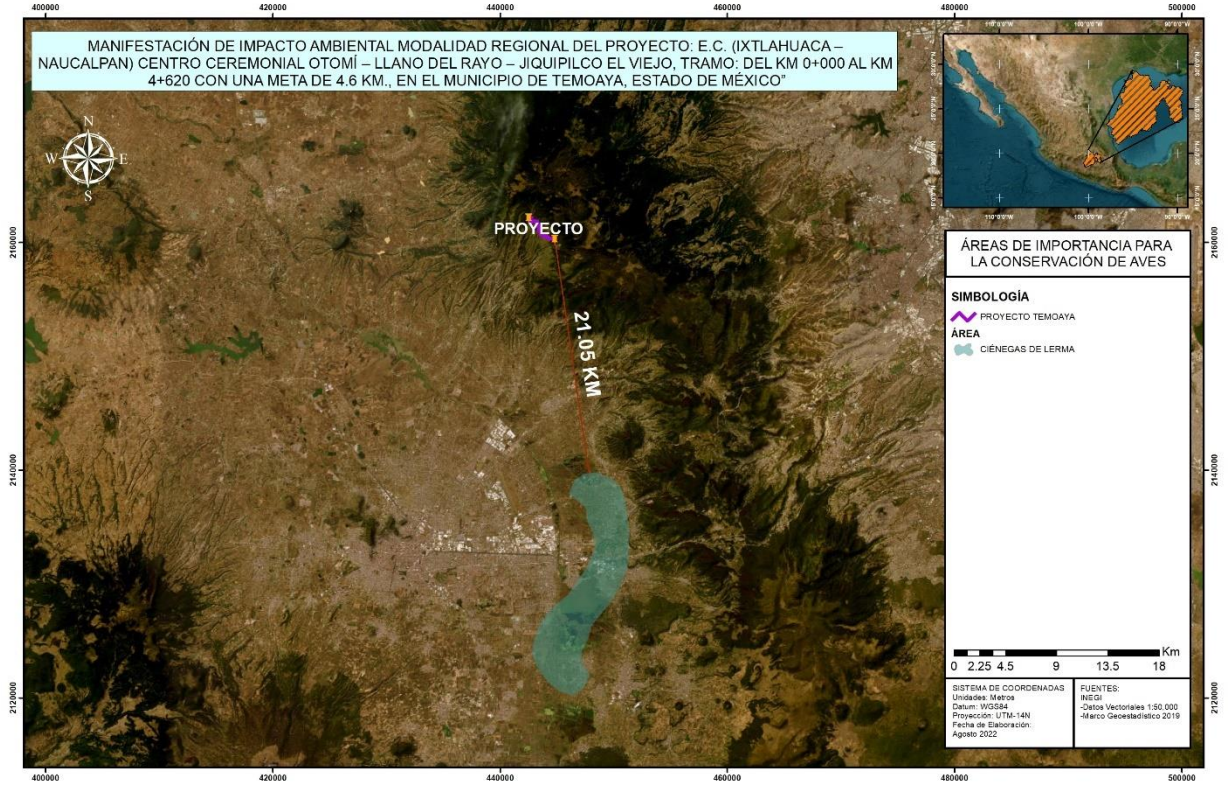
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III. 2.5. REGIONES PRIORITARIAS DE ACUERDO CON LA CONABIO

La CONABIO impulsa el programa de identificación de regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando los ámbitos terrestre (regiones terrestres prioritarias), marino (regiones prioritarias marinas) y acuático epicontinental (regiones hidrológicas prioritarias), para los cuales, mediante sendos talleres de especialistas, se definieron las áreas de mayor relevancia en cuanto a la riqueza de especies, presencia de organismos endémicos y áreas con un mayor nivel de integridad ecológica, así como aquéllas con mayores posibilidades de conservación en función a aspectos sociales, económicos y ecológicos. Con este marco de planeación regional, se espera orientar los esfuerzos de investigación que optimicen el conocimiento de la biodiversidad en México.

III.2.5.1. ÁREA DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICA)

AICA´s cercanas a la zona del proyecto



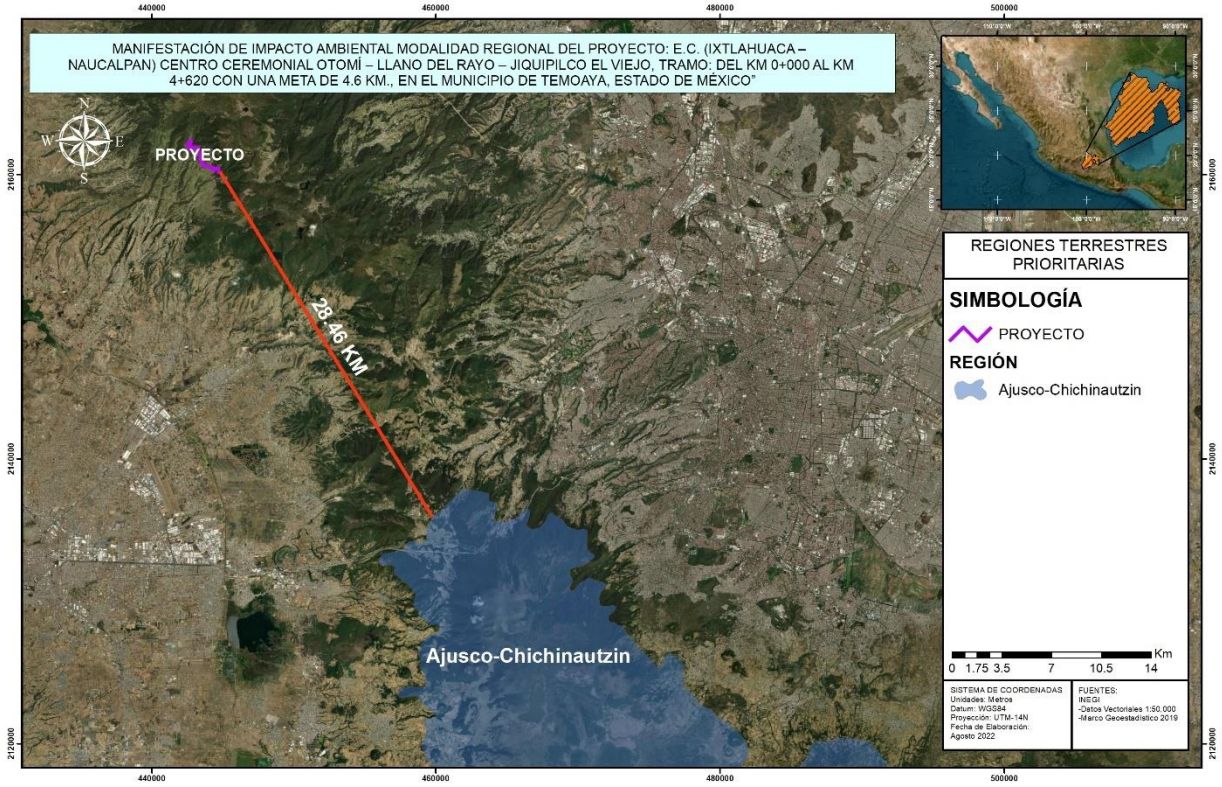
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Las AICA's surgen de un programa de Birdlife Internacional, 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 congregar en un solo sitio.

En la siguiente imagen se muestra la ubicación del proyecto con respecto a la delimitación establecida por la CONABIO para las AICA en la que se visualiza que el proyecto **NO** se encuentra dentro de ninguna de ellas, pues las más cercanas corresponde a la de "Ciénegas del Lerma" a 21.05 km al sur del proyecto

III.2.5.2. REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS (RTP)

Imagen 3 Regiones Terrestres Prioritarias a la zona del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

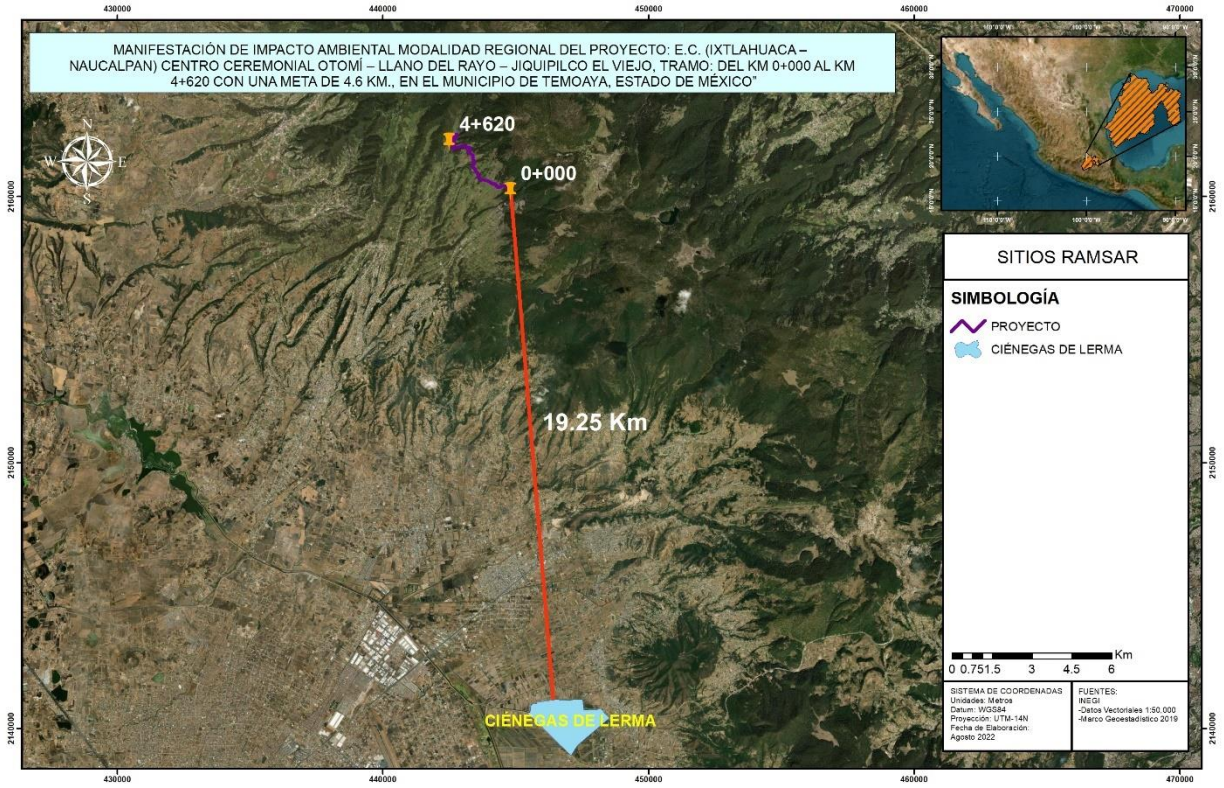
El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

Este proyecto contó con el apoyo del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), The Nature Conservancy (TNC) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) así como con la participación del Instituto Nacional de Ecología como autoridad normativa del gobierno federal.

De acuerdo con el análisis espacial realizado se obtuvo que el área del proyecto **NO** se localiza sobre ninguna superficie delimitada como región terrestre prioritaria RTP, la más cercana al área del proyecto es la denominada “Ajusco - Chichinautzin” y se localiza a 28.46 km de distancia en line recta, al sureste del área del proyecto.

III.2.5.3. SITIOS RAMSAR

Sitios RAMSAR cercanos a la zona del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

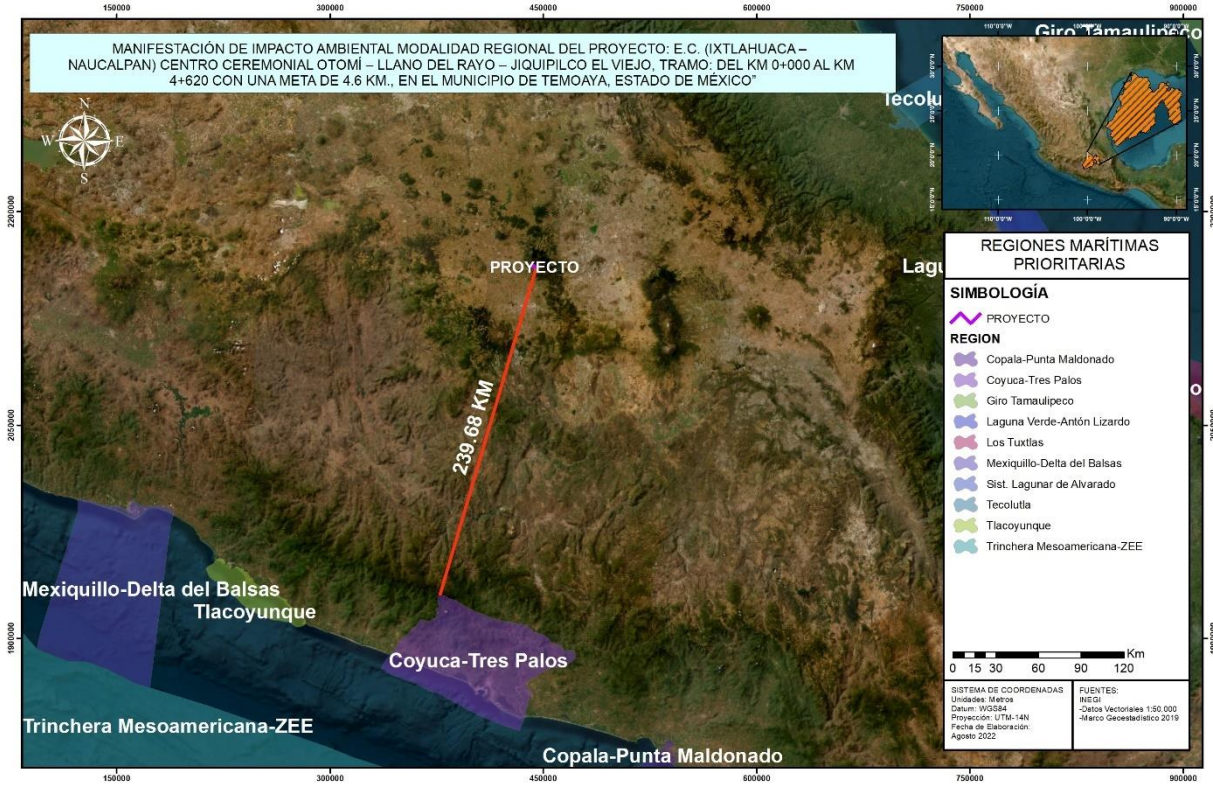
Por su parte los sitios Ramsar se designan porque cumplen con los Criterios para la identificación de Humedales de Importancia Internacional. El primer criterio se refiere a los sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros o únicos, y los otros ocho abarcan los sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios hacen énfasis en la importancia que la Convención concede al mantenimiento de la biodiversidad.

En la actualidad, la Lista de Ramsar es la red más extensa de áreas protegidas del mundo. Hay más de 2.200 sitios Ramsar que abarcan más de 2,1 millones de kilómetros cuadrados en los territorios de las 169 Partes Contratantes de Ramsar en todo el mundo.

El proyecto se localiza sobre el derecho de vía de una carretera en operación y **NO** se encuentra inmerso en alguna superficie catalogada como sitio RAMSAR, la zona más cercana al proyecto clasificada como tal es la denominada “Ciénegas de Lerma” y se ubica a 10.5 Km de distancia en línea recta.

III.2.5.4. REGIÓN MARINA PRIORITARIA (RMP)

Regiones Marinas Prioritarias cercanas a la zona del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

La vastedad de los ecosistemas marinos es una de las principales razones por las que su conocimiento e información son, frecuentemente, escasos y fragmentados. Sin embargo, la intrincada dependencia del hombre de los recursos y la conciencia de que estos recursos están siendo fuertemente impactados por las mismas actividades humanas, ha planteado la necesidad de incrementar el conocimiento sobre el medio marino, a todos los niveles, para emprender acciones que conlleven a su mantenimiento, conservación, recuperación o restauración.

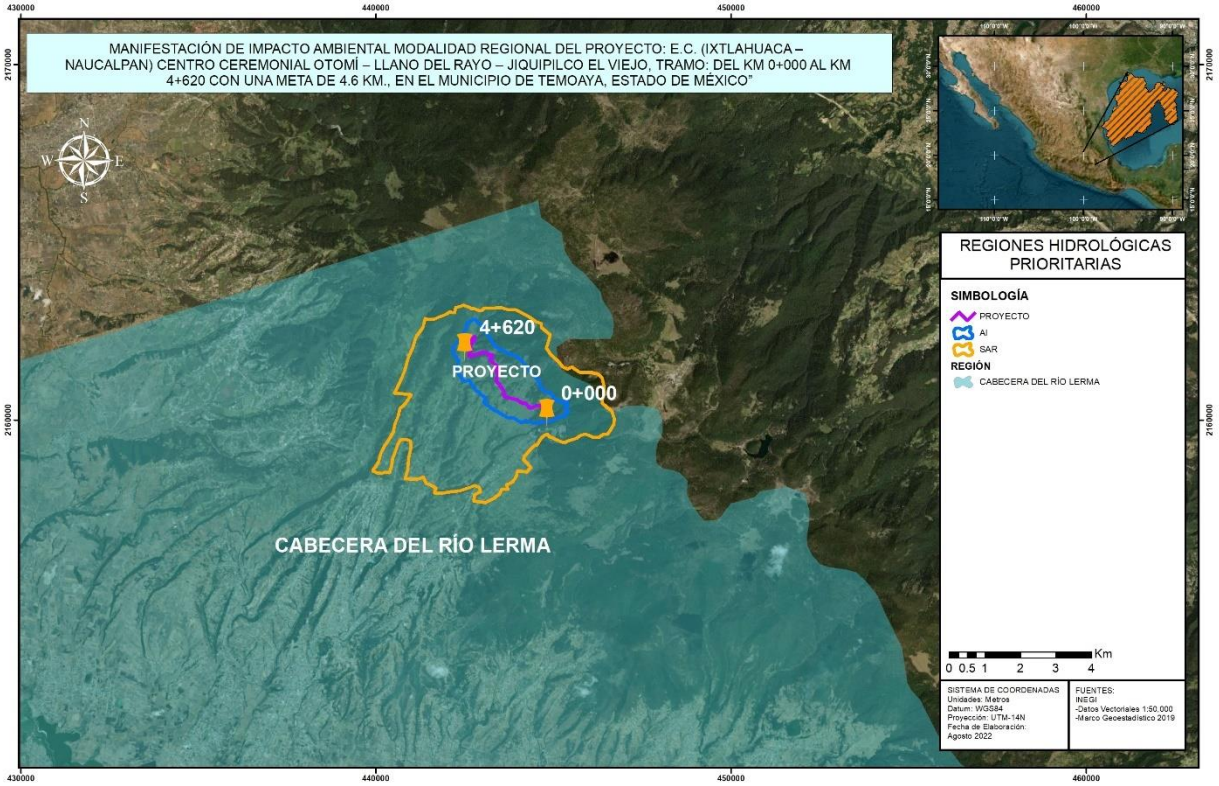
Bajo esta perspectiva, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

Este Programa reunió, por medio de talleres multidisciplinarios, a un grupo de 74 expertos del sector académico, gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales de conservación.

El proyecto **NO** se localiza sobre ningún área delimitada como región marina prioritaria (RMP), la más cercana al sitio del proyecto es la denominada “Coyuca-Tres Palos” y se encuentra a 239.68 Km de distancia en línea recta. Por lo que el proyecto no tendrá incidencia alguna con regionalizaciones de este tipo.

III.2.5.5. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS (RHP)

Imagen 4 Regiones Hidrológicas Prioritarias a la zona del proyecto



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Estas conexiones son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, no sólo a niveles local y regional, sino nacional y global.

El hecho de que haya muchas especies en franca declinación o enfrentando la extinción en los pocos países en donde se cuenta con conocimiento de campo razonable, justifica la preocupación real por el estado de la biodiversidad de las aguas epicontinentales.

Es así como surge la necesidad de revisar el estatus de la información sobre la diversidad y el valor biológico de las cuencas hidrológicas, además de evaluar las amenazas directas e indirectas sobre los recursos y el potencial para su conservación y manejo adecuado. Para esto, con la participación de especialistas y personal académico con la finalidad de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sostenido de los ambientes acuáticos epicontinentales.

Tal y como se observa en la imagen el proyecto se encuentra inmerso en su totalidad sobre la RHP “Cabecera del Río Lerma, la cual se describe a continuación.

Tabla 8 Características de la RHP Cabecera del Río Lerma

Cabecera del Río Lerma	
Estado(s):	Edo. de México
Extensión:	2 460.13 km^2
Polígono:	Latitud 19°35'24'' - 19°04'12'' N Longitud 99°54'36'' - 99°18'36'' W
Recuros hídricos principales:	lénticos: presas Antonio Alzate e Ignacio Ramírez, ciénega del Lerma, lagos, manantiales lóticos: río Lerma
Limnología básica:	Aguas subterráneas del acuífero del valle de Toluca
Geología/Edafología:	Predomina un suelo rico en materia orgánica y nutrientes Feozem así como de tipo Andosol, Luvisol y Vertisol
Clima	clima templado subhúmedo, semifrío y frío con lluvias en verano y parte del otoño. Temperatura media anual 10-14 ºC. La precipitación total anual de 700-1 200 mm.
Principales poblados	Almoloya de Juárez, Xonacatlán, Villa Cuauhtémoc, Toluca, Lerma
Actividad económica principal:	Agricultura de riego y de temporal (cultivo de maíz) e industrial (metal-mecánica y química)
Indicadores de calidad de agua:	ND
Biodiversidad:	Tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de oyamel, pastizal inducido. Diversidad de hábitats: reservorios, ríos, arroyos y humedales. Vegetación acuática: *Nymphaea gracilis.* Fauna característica*:* de peces *Algansea tincella, Chirostoma humboldtianum, Ocyurus chrysurus*; de aves *Anas acuta, A. crecca, A. clypeata, A. cyanoptera, A. discors, A. strepera, Aythya affinis, A. americana, A. valisineria, Gallinago gallinago*. Endemismos del protozoario *Sagittaria deveersa;* de peces *Algansea barbata, Chirostoma riojai, Goodea atripinnis, Notropis sallei, Girardinichthys multiradiatus, Poeciliopsis infans;* de anfibios *Ambystoma lermaensis.* Las especies de *Algansea* spp, *Ambystoma lermaensis* y *Daphnia pulex*; así como las aves *Geothlypis speciosa, Ixobrychus exilis* y *Rallus elegans tenuirostris* se encuentran amenazadas por contaminación del agua y pérdida de hábitat. Las especies de *Ambystoma mexicanum* y *Poecilia reticulata* son especies indicadoras de contaminación.
Aspectos económicos:	Pesquerías de las especies de *Algansea* spp y *Daphnia pulex,* así como del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*. Hay actividad industrial y agricultura intensiva.
Problemática:	- Modificación del entorno: bastante degradado por causas antropogénicas. Existe desforestación, erosión, desecación de las lagunas de Almoloya del Río y contaminación. - Contaminación: por aguas residuales domésticas e industriales, agroquímicos y desechos sólidos. - Uso de recursos: esta zona abastece de agua al D.F. y riega más de 10 mil ha para agricultura. Especies introducidas de carpas dorada *Carassius auratus,* herbívora *Ctenopharyngodon idella* y común *Cyprinus carpio* y del guppy *Poecilia reticulata*. Las faldas del Nevado de Toluca y valle de Toluca con un 80% de uso de suelo agrícola y 20% urbano. Violación de vedas a la cacería de patos migratorios.
Conservación:	La principal preocupación es la desecación de las lagunas de Almoloya del Río, nacimiento del río Lerma. En época de secas el río Lerma sólo lleva aguas residuales, lo cual indica la necesidad de tratamiento intensivo de sus aguas.
Grupos e instituciones:	Centro Interamericano de Recursos del Agua, UAEM; Ciencias básicas, UAM - Azcapotzalco; Gerencia de Ciencias Ambientales, ININ.

Fuente: CONABIO, s.f.

Vinculación:

El proyecto del camino: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) – CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 4+620, CON UNA META DE 4.6 KM, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO., implementará en cada una de sus etapas un enfoque de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en las actividades que se lleven a cabo por la modernización del camino, además implementará acciones de prevención de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con la instalación de baños portátiles a los trabajadores, diversas medidas en donde se evite el derrame de productos tóxicos sobre el suelo por parte de los vehículos a utilizar en la zona, la implementación de programas de manejo de los diversos residuos que se generen en el proyecto y la consideración de los escurrimientos naturales del terreno para la ejecución de las debidas obras de drenaje del camino, por mencionar algunas de las acciones que se planean desarrollar.

III.3. VINCULACIÓN CON LEYES, REGLAMENTOS O NORMAS DE LOS TRES NIVELES DE GOBIERNO

III.3.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Tabla III. 8 Vinculación con los artículos aplicables de la LGEEPA

Artículo	Vinculación
Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: *I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;* *VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;* *El Reglamento de la presente Ley determinará las obras o actividades a que se refiere este artículo, que por su ubicación, dimensiones, características o alcances no produzcan impactos ambientales significativos, no causen o puedan causar desequilibrios ecológicos, ni rebasen los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas referidas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, y que por lo tanto no deban sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental previsto en este ordenamiento.* *Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.*	Con base en el ARTÍCULO 28 fracción I y VII citado anteriormente y debido a que el proyecto refiere a la modernización de un camino rural y pertenece al sector de vías generales de comunicación, el proyecto del camino: "E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO", se somete al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental mediante la presentación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la cual se integra conforme a la guía emitida por SEMARNAT.
Artículo 64. En el otorgamiento o expedición de permisos, licencias, concesiones, o en general de autorizaciones a que se sujetaren la exploración, explotación o aprovechamiento de recursos en áreas naturales protegidas, se observarán las disposiciones de la presente Ley, de las leyes en que se fundamenten las declaratorias de creación correspondiente, así como las prevenciones de las propias declaratorias y los programas de manejo.	El proyecto no cruza por ninguna zona clasificada como Área Natural Protegida (ANP), además de que no pretende el uso, aprovechamiento de ningún recurso natural por lo que no se contraviene el precepto, aun así, es importante resaltar que las actividades relacionas con el proyecto siempre se realizarán con apego a los lineamientos y criterios de la normativa aplicable vigente.
Artículo 79. Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios: *I.- La preservación y conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se*	El promovente contempla presentar ante la autoridad ambiental aplicable (DGIRA), las acciones de protección y conservación de flora y fauna, a través de las acciones planteadas en el capítulo VI del presente

encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción *III.- La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;*	documento. De igual manera la promovente se compromete a dar cumplimiento de las condicionantes que la autoridad dictamine para el proyecto. Por consiguiente, el proyecto no contraviene el presente artículo.
Artículo 113. No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.	Las emisiones a la atmósfera que generará el proyecto serán generadas principalmente durante la etapa de construcción, provenientes de los vehículos y maquinaria en operación; y estarán sujetas a monitoreos periódicos para dar cumplimiento con los niveles mínimos y máximos permitidos que establezcan las normas aplicables en esta materia, de igual manera subsecuentemente se presenta la vinculación con las NOM aplicables en este rubro.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

A continuación, se presenta la vinculación con los artículos aplicables del REIA de la LGEEPA.

Tabla III. 9 Vinculación con los artículos aplicables del REIA de la LGEEPA

Artículo	Vinculación
Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental *B) Vías generales de comunicación: Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de aguas nacionales.* *Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.* *La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto...*	Derivado de que el proyecto se refiere a la modernización de una vía general de comunicación (camino rural), en donde no se requerirá realizar cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF); el presente proyecto carretero requiere la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental, por lo cual se somete a dicho procedimiento de evaluación mediante la presentación de una MIA R, misma que incluye la información ambiental relevante relacionada con el proyecto, para exponer los factores ambientales susceptibles de ser afectados y las respectivas medidas de mitigación que deberán ejecutarse a fin de minimizar de la mejor forma los efectos adversos atribuibles al proyecto Es importante resaltar que la necesidad de ejecutar esta obra es alta, debido a que actualmente la zona carece de infraestructura vial eficiente y segura para sus traslados, lo que ha propiciado un alto rezago en el acceso a servicios y productos que mejoren la calidad de vida de los habitantes de las poblaciones cercanas, además de se pone en riesgo la seguridad de los usuarios ya que existen condiciones para que ocurran accidentes por colisión, derrumbes y choque de frente, por tal motivo la obra se considera prioritaria para garantizar la seguridad vial de los usuarios e incrementar el desarrollo social y económico de la región. Por otra parte, se considera que los impactos mayormente significativos y de mayor

	extensión se presentaron cuando se apertura el camino existente, por lo que los impactos que generará la modernización son de baja escala y significancia ya que solo afectarán zonas puntuales y no se aumentará la fragmentación de los ecosistemas circundantes.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.3. LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

La presente Ley es de orden público y de interés social, su objeto 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.

El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por las leyes forestales y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo. Se vincula con el proyecto de la siguiente manera:

Tabla III. 10 Vinculación con los artículos aplicables de la LFVS

Artículo	Vinculación
Artículo 19. Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.	El proyecto no contempla el aprovechamiento o utilización de recursos naturales; sin embargo, dada la naturaleza del proyecto y previendo posibles impactos al medio ambiente, se propondrán acciones prioritarias para aplicar medidas de prevención y mitigación de los impactos que se pudieran generar, dichas medidas tienen la finalidad de reducir al mínimo la afectación sobre el entorno, la vida silvestre y su hábitat y serán descritas subsecuentemente en este documento.
Artículo 29. Los municipios y entidades federativas y la federación adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio	El proyecto contempla acciones de protección y en su caso el rescate y reubicación de fauna silvestre presente en la zona del proyecto, dichas acciones se ejecutarán a lo largo de las diversas etapas del proyecto y se harán siempre respetando lo establecido por este precepto y demás de la legislación aplicable, evitando la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor sobre los organismos faunísticos. En caso de que durante las actividades de preparación y construcción se identifique la presencia de cualquier tipo de fauna, se utilizarán medidas para ahuyentarla y prevenir cualquier impacto negativo hacia este recurso. En adición al o anterior, dentro de los reglamentos internos para las cuadrillas de trabajo quedará estrictamente prohibido cualquier afectación o maltrato a la fauna que se pueda encontrar en la zona del proyecto.
Artículo 30. El aprovechamiento de la fauna silvestre se llevará a cabo de manera que se eviten o disminuyan los daños a la fauna silvestre, mencionados en el artículo anterior. Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de esta Ley y las normas que de ella deriven.	No se pretende el aprovechamiento de fauna silvestre, no obstante, en caso de requerir la manipulación de fauna y particularmente su reubicación, que pudiera considerarse como medida de mitigación, se evitará cualquier acto de crueldad, de la misma manera se solicitará al personal especialista en fauna que labore en la preparación,

Artículo 31. Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan a tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	construcción y mantenimiento del proyecto tomar esta medida, cumpliendo así con lo establecido por los artículos 30 y 31 de la LGVS.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.4.LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE.

Esta Ley es reglamentaria del Artículo 27 de La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos así como distribuir competencias que en materia forestal correspondan a La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios.

Tabla III. 11 Vinculación con los artículos aplicables de la LGDFS

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Sus objetivos generales de esta Ley: *I.- Contribuir al desarrollo, social, económico, ecológico y ambiental del país mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales, así como de las cuencas y ecosistemas hidrológico-forestales, sin perjuicio de lo previsto en otros ordenamientos;* *III.- Desarrollar los bienes y servicios ambientales y proteger, mantener y aumentar la biodiversidad que brindan los recursos forestales;* *V.- Respetar el derecho al uso y disfrute preferente de los recursos forestales de los lugares que ocupan y habitan las comunidades indígenas, en los términos del artículo 2 fracción VI de La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y demás normatividad aplicable.* *Artículo 58. Corresponderá a la Secretaría otorgar las siguientes autorizaciones:* *I. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales…*	El proyecto se desarrollará sobre el derecho de vía de camino existente y refiere a la modernización de un camino rural a nivel de terracería, dada la topografía del sitio y la geometría actual del camino, se requerirán superficies adicionales para los alineamientos verticales y horizontales, para la ejecución de la obra no se requiere solicitar la autorización para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), ya que si bien se contempla la afectación de vegetación de bosque, el mismo presenta diferentes grados de fragmentación en la zona propuesta y el porcentaje de incidencia es mínimo y se limita al hombro del camino y en individuos aislados
Artículo 93. La Secretaría autorizará el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. *En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.* *Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de*	El proyecto afectara una porción mínima de bosque, en una superficie de 0.11 Ha pero se trata de una zona donde la fragmentación es evidente y no toda la superficie corresponde a este tipo de vegetación, ya que existen sitios talados y con afectación en el hombro del camino, la superficie se calcula con la cobertura de uso de suelo y vegetación del Inegi, pero conforme a las imágenes satelitales y la prospección de campo no se trata de una superficie que pueda considerarse con vocación forestal.

ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.	

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.5 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE.

Tabla III. 12 Vinculación con los artículos aplicables del Reglamento de la LGDFS

Artículo	Vinculación
Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría. *Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo.*	El proyecto no requiere solicitar un estudio de cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.6. LEY GENERAL PARA LA PRESERVACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y SU REGLAMENTO.

Tabla III. 13 Vinculación con los artículos aplicables de la LGPGIR y su reglamento

Artículo	Vinculación
Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	Se llevarán a cabo procedimientos integrales para el manejo y disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos. Los residuos generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción serán separados en orgánicos e inorgánicos, destinando en contenedores para el mismo fin, realizando la disposición final según sea el tipo de residuo. La recolección de estos residuos se llevará a cabo una empresa autorizada para este fin y así garantizar la adecuada disposición final de estos.
Artículo 22. Las personas que generen o manejen residuos y que requieran determinar si éstos son peligrosos, conforme a lo previsto en este ordenamiento, deberán remitirse a lo que establezcan las normas oficiales mexicanas que los clasifican como tales.	Se llevarán a cabo procedimientos integrales para el manejo y disposición adecuada de los Residuos Peligrosos. Dentro del proyecto se considera la generación de residuos peligrosos provenientes del mantenimiento de los vehículos automotores, así como restos del proceso de pavimentación, el manejo de estos se hará de acuerdo con lo establecido, en esta Ley y en las NOM aplicables. La recolección se llevará a cabo por una empresa autorizada por SEMARNAT y se guardará evidencia documental del manejo dado a este tipo de residuos.
Artículo 31. Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:	Se llevarán a cabo procedimientos integrales para el manejo, dichos procedimientos estarán apegados a un Plan de manejo para los Residuos Peligrosos mencionados en este artículo y que se contemplan serán generados durante el desarrollo del proyecto.

I. Aceites lubricantes usados; *II. Disolventes orgánicos usados* *III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;* *IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;*	
Artículo 40. 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.	El manejo de los residuos peligrosos se hará en apego a lo dispuesto por la LGPGIR y demás disposiciones aplicables, cumpliendo con lo establecido en los artículos 40, 41 y 45.
Artículo 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	
Artículo 45. 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	

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.7 LEY DE AGUAS NACIONALES.

Esta ley es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social, tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Sus disposiciones aplican a todas las aguas nacionales ya sean superficiales o del subsuelo. Por lo que se vincula con el proyecto de la siguiente manera:

Tabla III. 14 Vinculación con los artículos aplicables de la LAN

Artículo	Vinculación
Artículo 7. Se declara de utilidad pública: *I.- La adquisición o aprovechamiento de los bienes inmuebles que se requieran para la construcción, operación, mantenimiento, conservación, rehabilitación, mejoramiento o desarrollo de las obras públicas hidráulicas y de los servicios respectivos, y la adquisición y aprovechamiento de las demás instalaciones, inmuebles y vías de comunicación que las mismas requieran.* *Artículo 85. Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de ley.* Así mismo la LAN define lo siguiente: *Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua*	No se pretende realizar aprovechamiento de recursos hídricos de la zona, en caso, que se requiera utilizar el recurso hídrico, se realizará la solicitud correspondiente, Para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 118; se deberán realizar los trámites correspondientes ante la delegación de la CNA correspondiente. El camino presenta cruces con corrientes de carácter intermitente, donde no se prevé modificar su flujo, ni su actual dinámica ya que tiene contemplado sustituir las obras de drenaje existente y se proyecta construir obras nuevas, todas las obras de drenaje menor propuestas se encuentran listadas en el presente documento. De igual manera se describen las medidas de prevención y mitigación con las que se pretende garantizar la protección de los cuerpos hídricos y así el dar cumplimiento cabal a este precepto. Es importante mencionar que las obras de drenaje consideradas para proyecto no ocuparan la zona federal adjunta ninguna corriente de agua, esto derivado de que para el proyecto solo se contemplan obras de drenaje menor para

fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad	corrientes intermitentes o efímeras menores a 2 m de ancho t 0.75 m de profundidad.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.8 LEY DE CAMINOS, PUENTES Y AUTOTRANSPORTE FEDERAL.

Esta Ley tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes a que se refieren las fracciones I y V del artículo siguiente, los cuales constituyen vías generales de comunicación, así como los servicios de autotransporte federal que en ellos operan y sus servicios auxiliares y el tránsito en dichas vías.

Tabla III. 15 Vinculación con los artículos aplicables de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

Artículo	Vinculación
Artículo 3. Son parte de las vías generales de comunicación los terrenos necesarios para el derecho de vía, las obras construcciones y demás bienes y accesorios que integran las mismas.	El presente proyecto corresponde a la modernización de un camino rural existente el cual se encuentra a nivel de terracería y se relaciona de manera directa con la presente Ley, por lo que estará regulado por esta durante todas sus etapas.
Artículo 5. Es de jurisdicción federal todo lo relacionado con los caminos, puentes y los servicios de autotransporte que en ellos operan y sus servicios auxiliares. *Corresponden a la Secretaría, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:* *II.- Construir y conservar directamente caminos y puentes;* *III.- Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;* *V.- Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes;*	En el anterior artículo se establece que es de competencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, construir y conservar caminos y puentes, así como determinar las características y especificaciones técnicas de estos. Dado que el proyecto se refiere a la modernización de un camino rural y la promovente es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se da cumplimiento con este artículo.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.9 LEY DE VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN.

Esta ley específica que las vías generales de comunicación y los modos de transporte que operan en ellas quedan sujetos exclusivamente a los Poderes Federales. Ejerciendo las facultades a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Tabla III. 16 Vinculación con los artículos aplicables de la Ley de Vías Generales de Comunicación

Artículo	Vinculación
Artículo 10. El Gobierno Federal tendrá facultad para construir o establecer vías generales de comunicación por sí mismo o en cooperación con las autoridades locales. La construcción o establecimiento de estas vías podrá encomendarse a particulares, en los términos del artículo 134 de la Constitución Federal.	El presente proyecto promueve la modernización de un camino de terracería existente, que permitirá tener una vía más segura y eficiente para los usuarios a nivel regional. El presente proyecto será ejecutado por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) la cual es competente y se encuentra facultada para construir o establecer vías generales de comunicación.
Artículo 41. No podrán ejecutarse trabajos de construcción en las vías generales de comunicación, en sus servicios auxiliares y demás dependencias y accesorios, sin la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones a los planos, memoria descriptiva y demás documentos relacionados con las obras que tratan de realizarse. Las modificaciones que posteriormente se hagan se someterán igualmente a la aprobación previa de la Secretaría de Comunicaciones.	

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

III.3.10 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

El sistema jurídico mexicano está conformado por la Constitución Política, Leyes de corte Federal y Estatal y sus reglamentos, diversos códigos de los que se desprenden permisos, licencias y autorizaciones, además de Normas Oficiales Mexicanas que establecen parámetros, límites máximos permisibles y procedimientos, así como por normas mexicanas mediante las cuales determinan métodos.

Tabla III. 17 Vinculación con las NOM aplicables en materia de aire, agua y suelos

<table>
<tr><th>NORMA OFICIAL MEXICANA</th><th>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO</th><th>PARÁMETROS NORMADOS</th><th>MEDIDAS PARA EL CONTROL Y CUMPLIMIENTO</th></tr>
<tr><td>NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.</td><td>Para el caso del proyecto de la modernización del camino, la concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en los parámetros establecidos para ríos específicamente en el apartado de protección a la vida acuática que establece la NORMA.</td><td>
<table>
<tr><th>Concepto</th><th>Prom. Diario</th><th>Prom. Mensual</th></tr>
<tr><td>Temperatura</td><td>40</td><td>40</td></tr>
<tr><td>Grasas y aceites</td><td>15</td><td>25</td></tr>
<tr><td>Materia flotante</td><td>Ausente</td><td>Ausente</td></tr>
<tr><td>SST</td><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>DBO 5</td><td>30</td><td>60</td></tr>
<tr><td>Nitrógeno</td><td>15</td><td>25</td></tr>
<tr><td>Fósforo</td><td>5</td><td>10</td></tr>
</table>
</td><td>No se verterá ningún tipo de agua de desechos derivada de la operación del proyecto.

Se instalarán sanitarios móviles, los cuales habrá uno 1 por cada 15 trabajadores.

Se contratará a una empresa especializada y autorizada para el manejo, tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales. generadas por el uso de sanitarios portátiles.</td></tr>
<tr><td>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.</td><td>Debido a la circulación de vehículos automotores que usan gasolina dentro de los frentes de trabajo durante las diversas etapas del proyecto se generarán emisiones de gases contaminantes. Por lo que todos los vehículos a emplear deberán contar con su Verificación vehicular, de carácter obligatorio en el Estado de México con la finalidad de que las emisiones no rebasen los límites máximos permisibles de esta NOM.</td><td>
<table>
<tr><th>Año - modelo vehicular</th><th>Hidrocarburos (HC hppm)</th><th>Monóxido de Carbono (CO % vol.)</th><th>Oxígeno (O2 % vol.)</th><th>Óxidos de Nitrógeno (NO, ppm)</th><th colspan="2">Dilución (CO + CO2 % vol.)</th><th>Factor Lambda Máx.</th></tr>
<tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th>Mín.</th><th>Máx.</th><th></th></tr>
<tr><td>1990 y Anteriores</td><td>350</td><td>2,5</td><td>2,0</td><td>2 500</td><td>13</td><td>16,5</td><td>1,05</td></tr>
<tr><td>1991 y posteriores</td><td>100</td><td>1,0</td><td>2,0</td><td>1 500</td><td>13</td><td>16,5</td><td>1,05</td></tr>
</table>
Nota de equivalencias: 1.- ppm o hppm (µmol/mol) y 2.- % vol. (cmol/mol).
<table>
<tr><th>Año modelo vehicular</th><th>Hidrocarburos (HC hppm)</th><th>Monóxido de Carbono (CO % vol.)</th><th>Oxígeno (O2 % vol.)</th><th colspan="2">Dilución (CO + CO2 % vol.)</th><th>Factor Lambda Máx.</th></tr>
<tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>Mín.</th><th>Máx.</th><th></th></tr>
<tr><td>1993 y Anteriores</td><td>400</td><td>3,0</td><td>2,0</td><td>13</td><td>16,5</td><td>1,05</td></tr>
<tr><td>1994 y posteriores</td><td>100</td><td>1,0</td><td>2,0</td><td>13</td><td>16,5</td><td>1,05</td></tr>
</table>
</td><td>Para el cumplimiento de los límites establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, los Gobiernos, Federal, estatales, municipales y del Distrito Federal operarán y, en su caso, autorizarán la operación de los Centros de Verificación o bien de las Unidades de Verificación Vehicular.

Se considera que un vehículo cumple con la presente Norma Oficial Mexicana, cuando sus valores de emisión no rebasan ninguno de los límites permisibles establecidos en las TABLAS 1 y 2 según corresponda, por lo que:</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>La empresa constructora deberá contar con un programa calendarizado preventivo para el mantenimiento de los equipos.
Cada vehículo deberá contar con los registros de los mantenimientos correctivos y preventivos realizados.

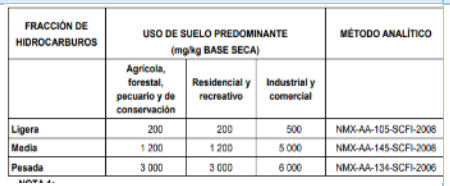
La empresa constructora y/o propietario, de los vehículos automotores, para el cumplimiento de los límites máximos permisibles, materia de la presente Norma Oficial Mexicana, deberá presentar a evaluación de sus emisiones contaminantes en los Centros de Verificación y en su caso en las Unidades de Verificación Vehicular acreditadas y aprobadas, de acuerdo al calendario y con los documentos que establezca el Programa de Verificación Vehicular que le corresponda y que para tal efecto emita cada autoridad ambiental.

Se mantendrá registro documental de los resultados de la verificación para comprobar el cumplimiento de esta norma.</td></tr>
<tr><td>NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.</td><td>Debido a la circulación de vehículos automotores que usan diésel dentro de los frentes de trabajo durante las diversas etapas del proyecto se generarán emisiones de gases contaminantes, aun y cuando la verificación vehicular NO es obligatoria en el estado de Oaxaca, se deberá contemplar ejecutar medidas para no rebasar los límites máximos permisibles de esta NOM.</td><td><table><tr><th>Año-modelo del vehículo</th><th>Coeficiente de absorción de luz (m⁻¹)</th><th>Por ciento de opacidad (%)</th></tr><tr><td>2003 y anteriores</td><td>2.00</td><td>57.68</td></tr><tr><td>2004 y posteriores</td><td>1.50</td><td>47.53</td></tr></table><table><tr><th>Año-modelo del vehículo</th><th>Coeficiente de absorción de luz (m⁻¹)</th><th>Por ciento de opacidad (%)</th></tr><tr><td>1997 y anteriores</td><td>2.25</td><td>61.99</td></tr><tr><td>1998 y posteriores</td><td>1.50</td><td>47.53</td></tr></table></td><td>La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el Gobierno de la Ciudad de México y los gobiernos de los estados, establecerán en el ámbito de su competencia, los Programas de Verificación Vehicular Obligatorios en donde se definirán las características de operación de estos.

Se considera que un vehículo cumple con la presente Norma Oficial Mexicana, cuando sus valores de emisión no rebasan ninguno de los límites permisibles establecidos en las TABLAS 1 y 2 según corresponda, por lo que:

La empresa constructora deberá contar con un programa calendarizado preventivo para el mantenimiento de los equipos.</td></tr>
</table>

			Cada vehículo deberá contar con los registros de los mantenimientos correctivos y preventivos realizados. Los propietarios o conductores de los automotores, materia de la presente Norma Oficial Mexicana deberán presentar éstos a evaluación de sus emisiones contaminantes en los Centros de Verificación Vehicular autorizados y Unidades de Verificación acreditadas y aprobadas de acuerdo con el calendario y con los documentos que establezca el Programa de Verificación Vehicular que le corresponda. Se mantendrá registro documental de los resultados de la verificación para comprobar el cumplimiento de esta norma
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.	Existirá generación de ruido proveniente de los vehículos automotores, que se utilizaran durante las diversas etapas del proyecto	PESO BRUTO VEHICULAR (Kg) / LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES dB(A) Hasta 3,000 — 86 Más de 3,000 y hasta 10,000 — 92 Más de 10,000 — 99	Se deberá monitorear la maquinaria, equipo y vehículos utilizados en la construcción sobre todo cuando se trabaje cerca de las poblaciones para que no se exceda los límites máximos permisibles que establece la norma respectiva. El monitoreo de ruido deberá contemplarse y ejecutarse conforme al plan de vigilancia ambiental del contratista y en cumplimiento de esta norma. Se deben mantener registros documentales de las mediciones hechas con un sonómetro calibrado y con la aplicación del método de esta NOM.
Nom-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	Si bien el proyecto generará residuos sólidos urbanos y de manejo especial, NO se plantea diseñar, construir, operar o monitorear los sitios de disposición final de este tipo de residuos, ya que se dispondrán en sitios previamente autorizados, operados y monitoreados por entidades públicas o privadas		El contratista deberá contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, realizando la separación, almacenamiento temporal y confinamiento especial, los cuales serán transportados a un sitio previamente autorizado por las autoridades municipales para su disposición final, en ningún caso el contratista deberá disponer en sitios no autorizados los residuos.

	autorizadas por las autoridades municipales correspondientes.		La Secretaría de Comunicaciones y Transportes deberá de exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y transporte al sitio de disposición final, así como la copia del contrato o acuerdo realizado con las autoridades municipales, cuando la autoridad ambiental así lo solicite.
NOM-086-SEMARNAT-1994. Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.	Vehículos automotores que usan combustóleo, gasóleo industrial, diésel sin, desulfurado e industrial, gas natural, gas licuado de petróleo, gasolinas con y sin plomo.	La empresa Constructora responsable de la elaboración de asfalto y equipo de trituración.	Se deberá inspeccionar con el proveedor el volumen, distribución y contenido de compuestos aromáticos, naftaleno, azufre, entre otros. En su defecto adquirir los combustibles en sitios autorizados (Estaciones de servicio).
NOM-052-SEMARNAT-2005. **Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.**	Los residuos producto de las actividades de preparación del sitio y construcción como son los que se generaran por las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo (latas vacías, con algún contenido de pinturas, solventes, aceites usados o lubricantes y estopa impregnada de grasas) se manejaran como residuos peligrosos conforme la norma.	No aplican parámetros	El contratista deberá contar con un programa integral de manejo de Residuos Peligrosos, realizando la separación, almacenamiento temporal y confinamiento especial, los cuales deben ser manejados por una empresa especializada y autorizada en el manejo de residuos peligrosos, bajo un contrato de servicio. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes deberá de exhibir información que compruebe la realización de la separación de residuos y el manejo y disposición final realizada, así como la copia del contrato celebrado, cuando la autoridad ambiental así lo solicite.
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.**	La maquinaria pesada (excavadoras, aplanadoras, etc.) que se va a utilizar durante las etapas de preparación y operación, podría presentar pequeños derrames de combustible, en especial cuando se encuentran estacionada, así que será probable que se produzca contaminación del suelo.	 **FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS** / **USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)** / **MÉTODO ANALÍTICO** Agrícola, forestal, pecuario y de conservación / Residencial y recreativo / Industrial y comercial Ligera: 200 / 200 / 500 / NMX-AA-105-SCFI-2006 Media: 1 200 / 1 200 / 5 000 / NMX-AA-145-SCFI-2006 Pesada: 3 000 / 3 000 / 6 000 / NMX-AA-134-SCFI-2006	La empresa constructora deberá contar con un programa de mantenimiento de equipos, maquinaria y vehículos Se deberá de contar con la impermeabilización de los sitios de estacionamientos y responsabilizarse de los derrames de hidrocarburos y residuos peligrosos generados durante la obra. Se deberá desarrollar un procedimiento de actuación en caso de derrames.

Fuente: Elaboración propia con datos del DOF

Tabla III. 18 Vinculación con las NOM aplicables en materia de biodiversidad

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO	MEDIDAS PARA EL CONTROL Y CUMPLIMIENTO
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.	Si bien durante la caracterización del sitio no se identificaron especies de flora o fauna listadas en NOM 059 SEMARNAT 2010, durante el desmonte y despalme tras actividades de las etapas de preparación del sitio y construcción, debe de considerarse la protección a especies de flora y fauna, aun y cuando NO estén catalogadas dentro de alguna de las categorías de riesgo de la mencionada NOM	El contratista durante el desmonte y despalme requerido deberá rescatar los ejemplares susceptibles de trasplantarse, reubicar y proteger los individuos de fauna, nidos y madrigueras; de igual manera es importante que a durante dichas actividades se encuentre personal especializado en flora y fauna para identificar si alguna de las especies vegetales o animales por rescatar se encuentra listada en la NOM 059. Invariablemente deberán ejecutarse acciones de protección y rescate y reubicación de flora y fauna silvestre y un Plan de Monitoreo Ambiental, que permitan prevenir y/o minimizar cualquier afectación a la vida silvestre. En caso de identificar alguna especie listada en la NOM no identificada previamente, se reportará ante las autoridades competentes y se ejecutarán acciones para su rescate y reubicación.

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 6

IV.1 DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL. 6

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR). 17
IV.2.1. CLIMA Y FENÓMENOS METEOROLÓGICOS 17
IV.2.2. GEOMORFOLOGÍA 32
IV.2.3. GEOLOGIA 40
IV.2.4. SUELOS 50
IV.2.5. AGUA 58
IV.2.6. AIRE 80

IV.3. MEDIO BIÓTICO 82
IV.3.1 VEGETACIÓN 82
IV.3.2. FAUNA 133
IV.3.3. COMPOSICION DE POBLACIONES Y COMUNIDADES 146
IV.3.4. BIODIVERSIDAD 146
IV.3.5. ECOSISTEMAS 147
IV.3.6. ECOSISTEMAS AMBIENTALMENTE SENSIBLES 148

IV.4. PAISAJE 149

IV.5. SOCIOECONOMICO 157
IV.5.1. POBLACIÓN 157
IV.5.2. LENGUA INDIGENA 157
IV.5.3. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA) 158
IV.5.4. VIVIENDA 158
IV.5.5. EDUCACIÓN 159
IV.5.6. SALUD 159

IV.6. Diagnostico Ambiental 160
IV.6.1. MEDIO ABIÓTICO 160
IV.6.2. MEDIO BIÓTICO 170

INDICE DE TABLAS

Tabla IV. 1 Características de Municipio Temoaya....7
Tabla IV. 2 Coordenadas del Sistema Ambiental Regional. 10
Tabla IV. 3 Coordenadas del Área de influencia. 13
Tabla IV. 4 Tipos de Climas presentes en el Municipio de Temoaya. 19
Tabla IV. 5 Tipos de Climas presentes en el SAR. 19
Tabla IV. 6. Tipos de Climas presentes en el Área de Influencia. 19
Tabla IV. 7. Normales Climatológicas de la estación Presa Iturbide. 23
Tabla IV. 8. Topoformas del Sistema Ambiental Regional. 40
Tabla IV. 9. Topoformas del Área de Influencia. 40
Tabla IV. 10. Geología del Municipio de Temoaya. 42
Tabla IV. 11. Geología del Sistema Ambiental Regional. 42
Tabla IV. 12. Geología del Área de Influencia. 42
Tabla IV. 13. Fallas y/o fracturas del área de estudio. 47
Tabla IV. 14. Regionalización sísmica según su aceleración de roca. 48

Tabla IV. 15. Edafología presente en el Sistema Ambiental Regional. 51
Tabla IV. 16 Edafologia presente en el Área de Influencias del proyecto 51
Tabla IV. 17. Clave Racionalizada para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB. 52
Tabla IV. 18 Obras de drenaje existentes del proyecto. 60
Tabla IV. 19. Índices morfométricos. 66
Tabla IV. 20. Índices morfométricos. 68
Tabla IV. 21. Índices morfométricos. 70
Tabla IV. 22. Índices morfométricos. 72
Tabla IV. 23. Índices morfométricos. 74
Tabla IV. 24. Índices morfométricos. 76
Tabla IV. 25. Listado de los sitios de muestreo. 83
Tabla IV. 26. Coordenadas de los sitios de muestreo. 83
Tabla IV. 27. Usos de suelo y vegetación ocupados en el SAR capa USV Serie VII INEGI. 90
Tabla IV. 28. Usos de suelo y vegetación ocupados en el Área de Influencia capa USV Serie VII INEGI 90
Tabla IV. 29. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto. 95
Tabla IV. 31. Acumulado del sitio de muestreo 1. 96
Tabla IV. 32. Acumulado del sitio de muestreo 2. 96
Tabla IV. 33. Acumulado del sitio de muestreo 3. 97
Tabla IV. 34. Acumulado del sitio de muestreo 4. 98
Tabla IV. 35. Acumulado del sitio de muestreo 5. 99
Tabla IV. 36. Estimación del Valor de Importancia del Sistema Ambiental Regional 103
Tabla IV. 37. Relación de índices del Sistema Ambiental Regional. 104
Tabla IV. 38. Estructura vertical del Sistema Ambiental Regional. 104
Tabla IV. 39. Estimación del Valor de Importancia de Bosque de Oyamel. 109
Tabla IV. 40. Relación de índices de Bosque de Oyamel. 109
Tabla IV. 41. Estructura vertical de Bosque de Oyamel. 110
Tabla IV. 42. Estimación del Valor de Importancia de Bosque de Pino-Encino. 114
Tabla IV. 43. Relación de índices de Bosque de Pino-Encino. 114
Tabla IV. 44. Estructura vertical de Bosque de Pino-Encino. 115
Tabla IV. 45. Estimación del Valor de Importancia del Área de Influencia y Área de Proyecto. 119
Tabla IV. 46. Relación de índices del Área de Influencia y Área de Proyecto 119
Tabla IV. 47. Estructura vertical del Área de Influencia y Área de Proyecto. 120
Tabla IV. 48. Acumulado de especies de flora que serán sujetos a remoción del proyecto. 129
Tabla IV. 49. Total, de especies de flora que serán sujetos a remoción del proyecto 129
Tabla IV. 50. Número final de especies de flora que serán sujetos a remoción debido al proyecto. 130
Tabla IV. 51. Clasificación del estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010. 131
Tabla IV. 52. Fotografías de la especie *Cupressus lusitanica* con categoría de "Pr" (Sujeta a protección especial) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. 131
Tabla IV. 53. Listado general de especies encontrado dentro del SAR. 132
Tabla IV. 54. Riqueza de especies del Estado de México. 133
Tabla IV. 55. Presencia de especies dentro del área de estudio. 135
Tabla IV. 56. Riqueza específica de la fauna silvestre dentro del área de proyecto. 135
Tabla IV. 57. Abundancia relativa de fauna silvestre para el área del proyecto. 135
Tabla IV. 58. Índices de Biodiversidad para los órdenes encontrados en el proyecto. 137
Tabla IV. 59. Fichas Técnicas de las Especies de Mayor Representatividad en el Trazo 142
Tabla IV. 60. Ponderación para la Evaluación de la Calidad Escénica. 150
Tabla IV. 61. Sensibilidad del Paisaje por algún tipo de alteración. 154
Tabla IV. 62. Valoración del paisaje del Proyecto. 155

Tabla IV. 63. Fragilidad visual del Sistema Ambiental Regional del Proyecto. 155
Tabla IV. 64. Base numérica para calcular la capacidad de acogida ecológica. 155
Tabla IV. 65. Agrupación de la Capacidad de Acogida Ecológica. 156
Tabla IV. 66. Capacidad de Acogida Ecológica del Proyecto. 156
Tabla IV. 67. Ponderación del aire. 160
Tabla IV. 68. Ponderación del suelo. 162
Tabla IV. 69. Ponderación de la hidrología. 166
Tabla IV. 70. Ponderación de la geomorfología. 168
Tabla IV. 71. Ponderación de la vegetación. 170
Tabla IV. 72. Ponderación de la fauna. 172
Tabla IV. 73. Ponderación de la presencia antrópica. 174
Tabla IV. 74. Tabla de ponderación de la calidad ambiental. 176
Tabla IV. 75. Diagnóstico ambiental del SAR. 176
Tabla IV. 76. Diagnóstico ambiental del AI. 177

INDICE DE IMÁGENES

Imagen IV. 1 Esquema para delimitación del SAR. 6
Imagen IV. 2 Delimitación preliminar del SAR. 9
Imagen IV. 3. Área de influencia 12
Imagen IV. 4. Vista del Sistema Ambiental Regional 15
Imagen IV. 5. Área de influencia del proyecto 16
Imagen IV. 6. Tipos de clima en el Estado de México. 20
Imagen IV. 7. Estación Meteorológica cercanas al trazo del proyecto. 26
Imagen IV. 8 Isotermas del Estado de México. 27
Imagen IV. 9. Isotermas del SAR del trazo del proyecto. 28
Imagen IV. 10. Isoyetas del Estado de México. 29
Imagen IV. 11. Isoyetas del SAR del trazo del proyecto. 30
Imagen IV. 12. Climas del Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto. 31
Imagen IV. 13. Provincias Fisiográficas del Proyecto. 34
Imagen IV. 14. Subprovincias Fisiográficas del Proyecto. 35
Imagen IV. 15. Topoformas presentes en el área del Proyecto. 37
Imagen IV. 16. Topografía presente en el área del proyecto. 38
Imagen IV. 17. Modelo Digital de Elevaciones del área del proyecto. 39
Imagen IV. 18. Geología del Estado de México. 45
Imagen IV. 19. Geología presente en el área del proyecto. 46
Imagen IV. 20. Atlas Nacional de Riesgos. 49
Imagen IV. 21. Edafología del Estado de México. 56
Imagen IV. 22. Edafología del Sistema Ambiental Regional. 57
Imagen IV. 23. Cuencas Hidrológicas del Proyecto. 62
Imagen IV. 24. Subcuencas Hidrológicas del Proyecto. 63
Imagen IV. 25. SIMULADOR DE FLUJOS DE AGUA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. 64
Imagen IV. 26. Cuenca para el Cauce. 65
Imagen IV. 27. Microcuenca para la corriente perenne 01 con datos emitidos por el SIATL. 65
Imagen IV. 28. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente perenne 01. 66
Imagen IV. 29. Perfil de Elevaciones del Cauce. 66
Imagen IV. 30. Cuenca para el Cauce. 67
Imagen IV. 31. Microcuenca para la corriente intermitente 01 con datos emitidos por el SIATL. 67

Imagen IV. 32. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01. 68
Imagen IV. 33. Perfil de Elevaciones del Cauce. 68
Imagen IV. 34. Cuenca para el Cauce. 69
Imagen IV. 35. Microcuenca para la corriente intermitente 02 con datos emitidos por el SIATL. 69
Imagen IV. 36. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01. 70
Imagen IV. 37. Perfil de Elevaciones del Cauce. 70
Imagen IV. 38. Cuenca para el Cauce. 71
Imagen IV. 39. Microcuenca para la corriente intermitente 03 con datos emitidos por el SIATL. 71
Imagen IV. 40. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01. 72
Imagen IV. 41. Perfil de Elevaciones del Cauce. 72
Imagen IV. 42. Cuenca para el Cauce. 73
Imagen IV. 43. Microcuenca para la corriente intermitente 04 con datos emitidos por el SIATL. 73
Imagen IV. 44. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01. 74
Imagen IV. 45. Perfil de Elevaciones del Cauce. 74
Imagen IV. 46. Cuenca para el Cauce. 75
Imagen IV. 47. Microcuenca para la corriente intermitente 05 con datos emitidos por el SIATL. 75
Imagen IV. 48. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01. 76
Imagen IV. 49. Perfil de Elevaciones del Cauce. 76
Imagen IV. 50. Forma y tamaño de los sitios de muestreo. 84
Imagen IV. 51. Sitios de Muestreo en el SAR. 87
Imagen IV. 52. Sitios de Muestreo en el AI y Área del proyecto. 88
Imagen IV. 53. Sitios de Muestreo en Área del proyecto. 89
Imagen IV. 54. Uso de suelo y Vegetación del SAR, carta INEGI serie VII de uso de suelo y Vegetación. 91
Imagen IV. 55 Sitios de fragmentación del bosque de oyamel 95
Imagen IV. 56. Localización del área de afectación por el proyecto. 130
Imagen IV. 57. Conteos visuales. 140
Imagen IV. 58. Avistamiento de aves. 141
Imagen IV. 59. Trampeo para mamíferos pequeños. 142
Imagen IV. 60. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente aire). 161
Imagen IV. 61. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente suelo). 164
Imagen IV. 62. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente hidrología). 167
Imagen IV. 63. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente geomorfología). 169
Imagen IV. 64. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente vegetación). 171
Imagen IV. 65. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente fauna). 173
Imagen IV. 66. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente presencia antrópica). 175
Imagen IV. 67. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional. 179
Imagen IV. 68. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional al 40% de transparencia. 180

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica IV. 1. Climograma de la estación meteorológica Presa Iturbide (15231). 22
Gráfica IV. 2. Estructura Vertical del Sistema Ambiental Regional. 106
Gráfica IV. 3. Índice de Valor de Importancia del Sistema Ambiental Regional 107
Gráfica IV. 4. Estructura Vertical de Bosque de Oyamel. 111
Gráfica IV. 5. Índice de Valor de Importancia de Bosque de Oyamel. 112
Gráfica IV. 6. Estructura Vertical de Bosque de Pino-Encino. 116
Gráfica IV. 7. Índice de Valor de Importancia de Bosque de Pino-Encino. 117
Gráfica IV. 8. Estructura Vertical del Área de Influencia y Área de Proyecto. 121
Gráfica IV. 9. índice de Valor de Importancia del Área de Influencia y Área de Proyecto. 122

Gráfica IV. 10. Pirámide poblacional total de Temoaya 2020.....157
Gráfica IV. 11. Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Temoaya 157
Gráfica IV. 12. Evolución de la población económicamente activa en Estado de México 158
Gráfica IV. 13. Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020. 158
Gráfica IV. 14. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Temoaya.....159
Gráfica IV. 15. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020).....159
Gráfica IV. 16. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional. 177
Gráfica IV. 17. Diagnóstico Ambiental del Área de Influencia. 178

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía IV. 1. En las fotografías se puede observar la complejidad de topoformas presentes en el Sistema Ambiental Regional. 36
Fotografía IV. 2. Fotografías de los cortes presentes en el trazo del proyecto y en el SAR. 44
Fotografía IV. 3 Fotografías de los suelos presentes en el proyecto. 55
Fotografía IV. 4. Fotografías de las obras de drenaje existentes en el trazo del proyecto.....61
Fotografía IV. 5. Forma y tamaño de los sitios de muestreo. 84
Fotografía IV. 6. Muestreo realizado para el proyecto.....85
Fotografía IV. 7. Utilización del Dron en prospección de campo.....86
Fotografía IV. 8. Bosque de Oyamel. 92
Fotografía IV. 9. Bosque de Pino-Encino. 94
Fotografía IV. 10. Condiciones ambientales "Florísticas" en las que se encuentra la zona del proyecto. 124
Fotografía IV. 11. Métodos de observación de aves (conteos oportunísticos).....134
Fotografía IV. 12. Especies observadas en los recorridos de campo. 138
Fotografía IV. 13. Monitoreo de Aves.....140
Fotografía IV. 14. Trampa olfativa para la identificación de huellas. 141
Fotografía IV. 15. Bosque de Oyamel.....151
Fotografía IV. 16. Bosque de Pino Encino 152
Fotografía IV. 17. Pastizal Inducido. 152
Fotografía IV. 18. Agricultura de temporal anual.....153

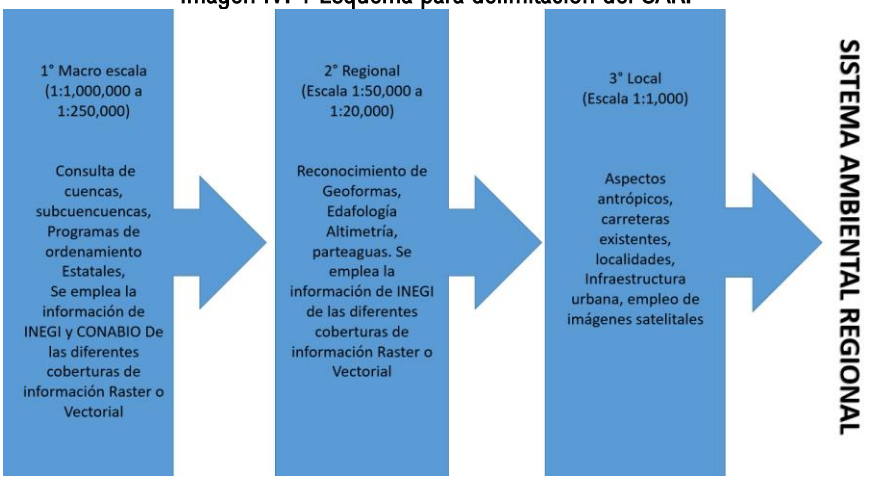
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

IV.1 DELIMITACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

FUNDAMENTO JURÍDICO.

Este apartado se desarrolla de acuerdo con lo dispuesto en la Fracción IV del Artículo 13 del Reglamento de evaluación de Impacto Ambiental (REIA) que dispone la obligación de incluir en la MIA-R una "***Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región***". En este sentido y en cumplimiento de lo establecido, se presenta el SAR donde se ubica el proyecto, cuyo objetivo principal será la delimitación de este sistema, posteriormente la caracterización y descripción de sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos, finalmente, las tendencias del desarrollo y deterioro de la región, traducido en un diagnóstico objetivo para conocer la calidad ambiental que caracteriza a dicho SAR. Lo anterior resulta fundamental e imprescindible en la evaluación de los impactos ambientales y las propuestas de las medidas de mitigación, compensación, prevención o restauración en su caso. La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) equivale a definir la unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental. Lo anterior implica el uso de un enfoque sistémico, geográfico y administrativo orientado a concretar la necesidad de delimitar un sistema ambiental regional, éste 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 validez para proyectar la evaluación del impacto ambiental. Es por lo tanto a través de esta noción de sistema ambiental que es factible identificar y evaluar las interrelaciones e interdependencia que caracterizan la estructura y el funcionamiento del o los ecosistemas y efectuar previsiones respecto de los efectos de las interrelaciones entre el ambiente y el proyecto. Son muy diversas las afectaciones o impactos que ocasiona una carretera, ya sea nueva o modernizada, por ello la definición del Sistema Ambiental Regional (SAR) es un tema muy significativo que debe hacerse utilizando de forma jerárquica criterios y componentes, por ejemplo hidrológicos, geomorfológicos, florísticos, distribución de fauna, ANP´s, UGA´s, aspectos sociales (límites políticos, poblados, carreteras, etc.), aspectos jurídicos, como ordenamientos ecológicos, estatales, municipales, planes de desarrollo municipales, entre otros, cuya intención sea identificar unidades espaciales homogéneas tanto en su estructura como en su función. Los criterios técnicos, normativos y de planificación utilizados para establecer el SAR donde se encuentra inserto el proyecto que nos ocupa, en la siguiente imagen se muestra el modelo metodológico para la delimitación del SAR.

Imagen IV. 1 Esquema para delimitación del SAR.



Fuente: Pimex, 2022.

NIVELES CONSIDERADOS PARA DELIMITAR EL SAR.

La figura anterior muestra las escalas utilizadas o tomadas en cuenta para delimitar el SAR.

- 1er. Nivel Macro escala: Fisiografía, Cuencas hidrológicas, Subcuencas, Regionalización y POET (UGA´s), Sitios importantes para la conservación, ANP (nivel federal, estatal o municipal, en su caso), Sitios RAMSAR, AICAS, RHP y RTP.
- 2do. Nivel: Geo sistemas (Unidades de relieve o geoformas), Tipos de suelo (cartografía INEGI), Geología (cartografía INEGI), Hidrología cartografía INEGI),
- 3er. Nivel: Aspectos sociales (poblados, comunidades, ejidos, predios o parcelas). Infraestructura: caminos, carreteras, terracerías, canales de riego etc.).

PROCEDIMIENTO DE REGIONALIZACIÓN, SOBREPOSICIÓN DE MAPAS MEDIANTE EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Para delimitar preliminarmente el SAR fue importante la realización de un procedimiento de regionalización, sobreponiendo mapas en un SIG y considerando en orden decreciente en cuanto a tamaño las cuencas, subcuencas, microcuencas, las Unidades de Gestión Ambiental (UGA´s) precisadas en un ordenamiento ecológico vigente, así mismo, las principales geoformas, distribución de los diferentes tipos de suelo, vegetación y área de distribución de especies de particular importancia, entre otros. Cada uno de los componentes tiene distinta escala de representatividad espacial, ya que la escala a la que ocurren los cambios principales en componentes como el clima, la hidrología (cuencas y subcuencas) o la geología de una región, ocurren a escalas de reconocimiento (1:1'000,000, 1:500,000 o 1:250,000); se organizaron a partir de los aspectos funcionales, siguiendo un orden jerárquico de geo sistemas. El análisis de un sistema considerando como límites físicos los parteaguas de las cuencas o subcuencas hidrológicas, incluyéndose todos sus cuerpos de agua y escorrentías, resulta en primera instancia, un buen límite para establecer el SAR ya que muchos de los procesos dentro del sistema están fuertemente relacionados con el factor agua. Este límite puede ser adecuado para un proyecto de grandes dimensiones y que impactará diversos recursos dentro de la cuenca, no obstante, puede ser que el tamaño de las cuencas o subcuencas resulten desproporcionadamente grandes con respecto al proyecto o a los demás componentes ambientales; por lo que, se corre el riesgo de sobrevaluar componentes dentro de un sistema y analizar componentes que se expresan a escalas de menor resolución como la vegetación, haciendo descripciones muy extensas de tipos de vegetación que no tendrán ninguna relación con el proyecto, pero que se encuentran dentro de la cuenca. Por otro lado, si el sistema ambiental se define a partir de límites de componentes con representatividad a nivel detallado, como puede ser la distribución de determinados tipos de vegetación, el área así determinada no permitirá evaluar la variabilidad en componentes de mayor escala de representación como la geología o efectos en corredores de desplazamiento de fauna y rutas migratorias. Para entender el Contexto del Sistema Ambiental Regional, a continuación, se presentan las generalidades del Municipio de Temoaya, en el cual se desarrolla el proyecto:

Tabla IV. 1 Características de Municipio Temoaya

ATRIBUTO	DESCRIPCION
Localizacion	Temoaya tiene las siguientes coordenadas: latitud mínima es de 19°23'55.06" y máxima de 19°34'56.58"; con una longitud mínima de 99°43'52.64" y máxima de 99°29'21.36"; altitud de 2 675 metros sobre el nivel medio del mar;
Extension	comprende una superficie de 199.63 kilómetros cuadrados y sus colindancias son: al Norte con los municipios de Jiquipilco y Nicolás Romero; al Sur con Toluca y Otzolotepec; al Este con Isidro Fabela y Otzolotepec y al Oeste con Ixtlahuaca y Almoloya de Juárez
Topografía	El Municipio de Temoaya se encuentra localizado dentro del Valle de Toluca por la parte sur y dentro del sistema montañoso de la Sierra Monte Alto-Las Cruces Zempoala por la parte norte. El municipio presenta diferentes elevaciones como el anterior sistema cuyo uso predominante es el forestal, también cuenta con planicies que están dedicadas especialmente al cultivo y al pastizal inducido. Otra característica importante dentro de este sistema orográfico, es que se encuentra

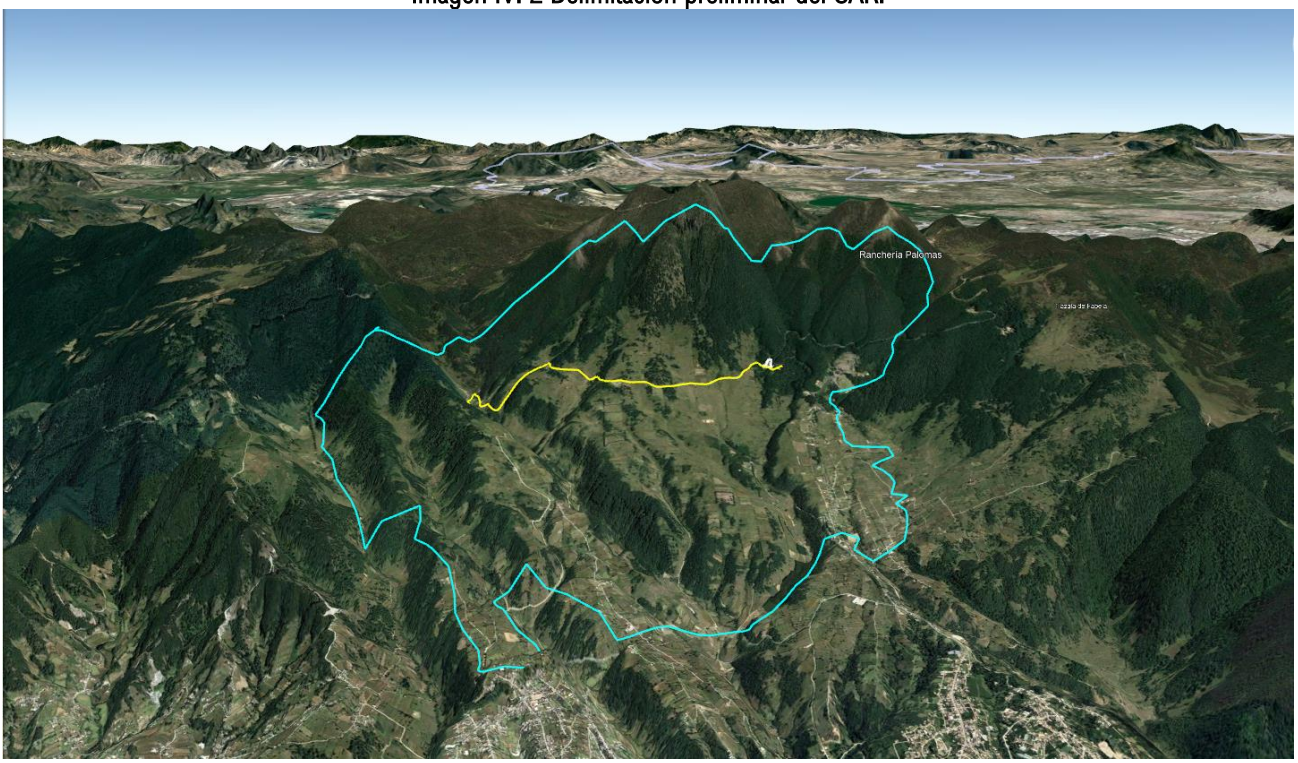
ATRIBUTO	DESCRIPCION
	una porción de áreas erosionadas o en proceso de erosionarse hacia el norte de la cabecera municipal debido a las condiciones hidrometeorológicas. Entre las principales elevaciones en el municipio se encuentran El Cerro Gordo, Río Frío, Los Lobos, Negro, Xitoxi, Nepeni, Las Palomas, Catedral, Las Tablas, Cañada Honda y Las Navajas. Debido a las características que presenta el relieve, en la parte sur del municipio se encuentran las zonas con mayor potencial para el desarrollo urbano a diferencia de la zona norte en donde el sistema orográfico es muy accidentado y se podría restringir para el crecimiento urbano.
Geología	Temoaya, así como el Estado de México en general, se localiza dentro de la provincia fisiográfica denominada eje neovolcánico o también llamado cinturón volcánico transmexicano (Mooser 1969, Venegas 1985). Existen variados nombres y clasificaciones de esta zona pero todas ellas concuerdan en que su origen es debido a eventos volcánicos. La génesis de este municipio no es la excepción, sus edades van desde el terciario al cuaternario; las rocas que predominan en este municipio son las rocas piro-clásticas a las cuales geológicamente se les clasifica como Tobas (T), en ellas se sitúan gran número de comunidades; otro gran afloramiento de rocas son las Andesitas (A), una de las características más significativa de este tipo de rocas, además de su dureza, es su coloración grisácea; éstas rocas abundan en el norte del municipio. En este tipo de rocas es donde se presenta un mayor número de fracturas, las cuales manifiestan una orientación al noroeste.
Edafología	Los diferentes tipos de suelo que se encuentran en el municipio son el Pélico+Háplico con clase textual fina y fase química ligeramente salada (Vp+Hh/3, ls); este tipo de suelo se encuentra en la parte centro y sur del municipio mientras que por la parte norte se localiza el suelo Eutrico-Litosol con clase textual media y fase química ligeramente salada (Be+I/2, ls); el Eutrico-Ocrico con clase textual media y fase química ligeramente salada (To+Be/2, ls) y en pequeñas cantidades también se encuentran el EutricoOcrico con clase textual media y fase química ligeramente salino (Be+To/2, ls); el Crómicro-Ocrico con clase textual media y fase química ligeramente salino (Lc+To/2, ls); el suelo Húmico-Ocrico con una fase textual media y fase química ligeramente salina (Th+To/2, ls) y otros de menor proporción localizados al norte del municipio.
Hidrología	El municipio forma parte de la Región Hidrológica RH 12 Lerma-ChapalaSantiago que cubre la parte centro oeste y a su vez conforma la cuenca Lerma-Toluca (12 A) y abarca una superficie de 5,548.5 km2. La hidrología dentro del municipio son ríos, arroyos, bordos y manantiales, así como la presa José Antonio Alzate que es la de mayor importancia a nivel regional; además, existen diferentes pozos localizados en la parte sur del municipio.
Clima	En el Municipio de Temoaya predomina el clima Templado subhúmedo C (w) (de acuerdo a la clasificación de Koppen modificado por Enriqueta García), cuenta con una temperatura promedio anual de 13.4° C. y la máxima extrema de 17.5º C. en el verano y una mínima extrema de 8.5º C. durante el invierno; con lluvias en verano, de mayor humedad (73.13%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (26.87%).
Uso de suelo	Para el 2006, en el municipio de Temoaya, el uso de suelo más representativo era el agrícola con un porcentaje de 59.16% del total municipal, en segundo lugar, el uso forestal con porcentaje de 17.20%, el uso pecuario representaba el 5.19%, el suelo erosionado alcanzaba un total de 1.87%, el uso urbano representaba el 7.38%, otros usos se concentraban al 3.29% del total y finalmente los cuerpos de agua representaban el 5.46% de total de suelo municipal. Las zonas deshabitadas se encuentran al norte del municipio en lo que es el uso forestal, principalmente. El uso correspondiente al equipamiento se encontraba en una pequeña proporción pues dentro de los usos generales, este concentraba al equipamiento de 128 ha del total municipal, mismo que representaría una mínima porción con respecto al total.

ATRIBUTO	DESCRIPCION
	Para 2008, el uso de suelo agrícola, represento el 64.5% del territorio municipal. En menor proporción el uso urbano pues sólo represento el 5.1% a nivel municipal. El forestal represento 13.5%, cabe mencionar que éste ha mostrado un retroceso muy significativo en los últimos 20 años pues, como se observa en la siguiente tabla, en 1988 representaba el 34.3% del uso de suelo total, lo cual equivale a un retroceso de aproximadamente 61% debido al aumento del uso de suelo agrícola y de la tala clandestina.

Fuente: Pimex, 2022.

Para poder determinar los límites del Sistema Ambiental Regional, se emplearon en una primera instancia las Unidades de Gestión Ambiental, los tipos de vegetación a nivel regional y la microcuenca del área de estudio, pero dichos elementos implicaban un área muy extensa la cual no representaba de manera homogénea las características ambientales del área de estudio. Para determinar el SAR, se realizó el análisis en software geográfico que permitió analizar las diversas características del área de estudio, como fuente de información, se emplearon las cartas del INEGI 1:50,000, así como las coberturas de uso de suelo y vegetación y otros atributos físicos. Para de esta manera delimitar un SAR que permitiera tener una representación homogénea de las condiciones bióticas y abióticas de la región. En la siguiente imagen se presenta la delimitación del SAR del proyecto.

Imagen IV. 2 Delimitación preliminar del SAR.



Fuente: Pimex, 2022.

Como se muestra en la imagen anterior, para el estudio de la MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO". Se considera un polígono, el cual está delimitado por características por una zona de transición entre

un uso de suelo urbano a zonas de bosques, como se aprecia el perfil altitudinal nos permite notar esa clara transición y como el proyecto esta inmerso en una zona comprendida por pastizales los cuales al norte tienen una zona conservada de bosques y al sur un uso de suelo fuertemente urbano, así mismo los escurrimientos y topografía permitirán delimitar la porción Este del sistema ambiental y las vialidades y el centro cultural otomí será el limite al Este del proyecto, lo que permite delimitar un polígono con una superficie de 2,231.75 Ha. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas del SAR, calculadas con el DATUM WGS84, de la Zona 14 N.

Tabla IV. 2 Coordenadas del Sistema Ambiental Regional.

FID	UTM		GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
1	442465	2163233	-99° 32' 54.658"	19° 33' 47.345"
2	442247	2163149	-99° 33' 2.146"	19° 33' 44.581"
3	442213	2163012	-99° 33' 3.282"	19° 33' 40.143"
4	442075	2163036	-99° 33' 8.038"	19° 33' 40.887"
5	441974	2162969	-99° 33' 11.469"	19° 33' 38.692"
6	441632	2162831	-99° 33' 23.208"	19° 33' 34.169"
7	441466	2162829	-99° 33' 28.917"	19° 33' 34.088"
8	441383	2162859	-99° 33' 31.765"	19° 33' 35.058"
9	441321	2162604	-99° 33' 33.841"	19° 33' 26.752"
10	441146	2162377	-99° 33' 39.845"	19° 33' 19.361"
11	441041	2162032	-99° 33' 43.386"	19° 33' 8.137"
12	440909	2161758	-99° 33' 47.894"	19° 32' 59.194"
13	440517	2160759	-99° 34' 1.248"	19° 32' 26.639"
14	440994	2160711	-99° 33' 44.855"	19° 32' 25.130"
15	440675	2160331	-99° 33' 55.767"	19° 32' 12.733"
16	440541	2159914	-99° 34' 0.304"	19° 31' 59.180"
17	440482	2159653	-99° 34' 2.316"	19° 31' 50.653"
18	440241	2159267	-99° 34' 10.539"	19° 31' 38.101"
19	440065	2158800	-99° 34' 16.516"	19° 31' 22.881"
20	439910	2158567	-99° 34' 21.795"	19° 31' 15.271"
21	440384	2158519	-99° 34' 5.545"	19° 31' 13.774"
22	440474	2158926	-99° 34' 2.509"	19° 31' 27.017"
23	440619	2159323	-99° 33' 57.555"	19° 31' 39.953"
24	440694	2159445	-99° 33' 55.017"	19° 31' 43.931"
25	440839	2159460	-99° 33' 50.035"	19° 31' 44.431"
26	440967	2159411	-99° 33' 45.654"	19° 31' 42.846"
27	440995	2159246	-99° 33' 44.677"	19° 31' 37.477"
28	440929	2158952	-99° 33' 46.894"	19° 31' 27.900"
29	440826	2158359	-99° 33' 50.369"	19° 31' 8.622"
30	441172	2158346	-99° 33' 38.486"	19° 31' 8.223"
31	441341	2158397	-99° 33' 32.693"	19° 31' 9.900"
32	441420	2158216	-99° 33' 29.962"	19° 31' 4.020"
33	441687	2158086	-99° 33' 20.796"	19° 30' 59.823"

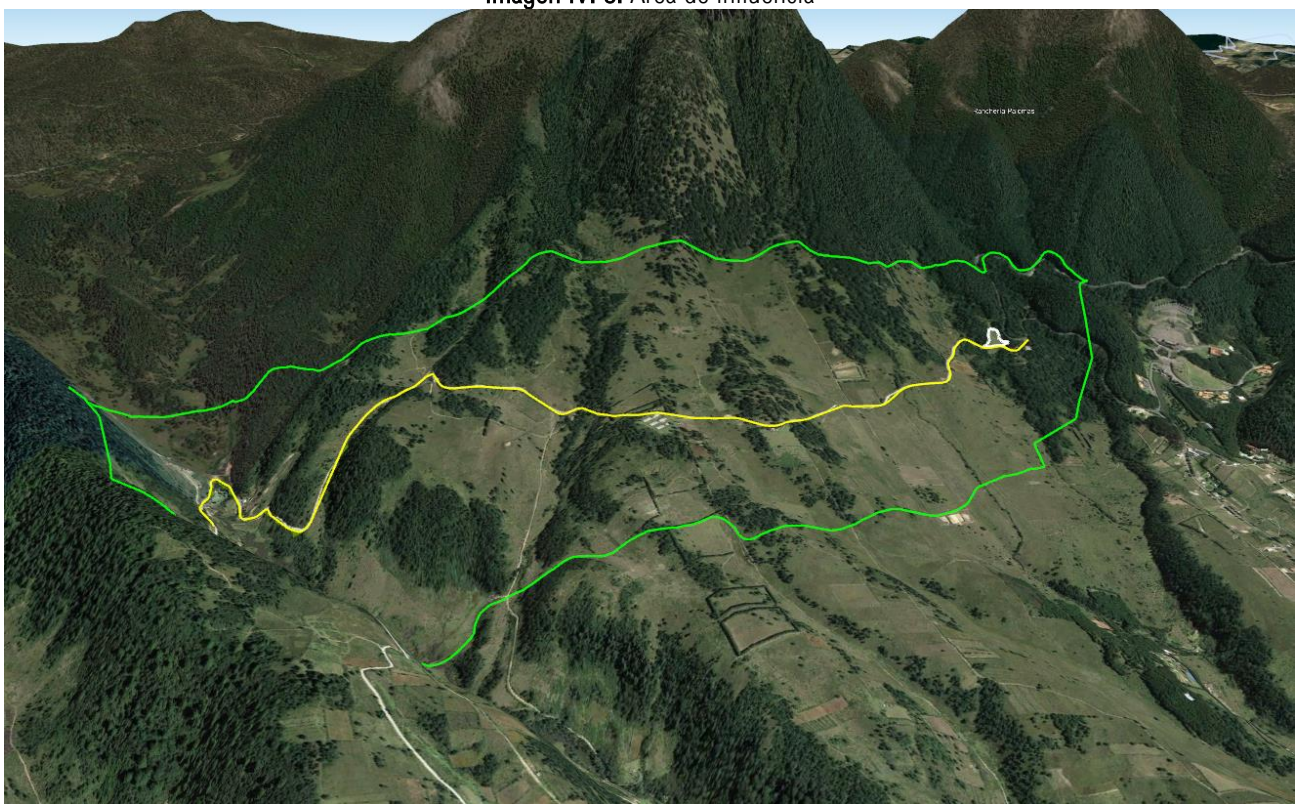
FID	UTM		GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
34	441645	2157945	-99° 33' 22.199"	19° 30' 55.238"
35	441894	2157944	-99° 33' 13.666"	19° 30' 55.231"
36	442368	2158015	-99° 32' 57.399"	19° 30' 57.583"
37	442773	2158167	-99° 32' 43.550"	19° 31' 2.565"
38	442913	2158111	-99° 32' 38.714"	19° 31' 0.755"
39	442947	2157978	-99° 32' 37.538"	19° 30' 56.430"
40	442771	2157899	-99° 32' 43.587"	19° 30' 53.843"
41	442754	2157721	-99° 32' 44.144"	19° 30' 48.050"
42	443080	2157673	-99° 32' 32.937"	19° 30' 46.543"
43	443470	2157917	-99° 32' 19.594"	19° 30' 54.519"
44	443709	2158054	-99° 32' 11.409"	19° 30' 58.987"
45	443679	2158184	-99° 32' 12.445"	19° 31' 3.217"
46	443836	2158257	-99° 32' 7.073"	19° 31' 5.604"
47	443955	2158450	-99° 32' 3.011"	19° 31' 11.895"
48	443980	2158572	-99° 32' 2.181"	19° 31' 15.853"
49	444241	2158538	-99° 31' 53.197"	19° 31' 14.802"
50	444352	2158666	-99° 31' 49.407"	19° 31' 18.967"
51	444153	2158893	-99° 31' 56.272"	19° 31' 26.311"
52	444171	2158988	-99° 31' 55.652"	19° 31' 29.404"
53	444266	2159073	-99° 31' 52.418"	19° 31' 32.180"
54	444486	2159305	-99° 31' 44.888"	19° 31' 39.751"
55	444531	2159299	-99° 31' 43.334"	19° 31' 39.560"
56	444650	2159493	-99° 31' 39.276"	19° 31' 45.904"
57	444828	2159603	-99° 31' 33.167"	19° 31' 49.482"
58	444886	2159533	-99° 31' 31.170"	19° 31' 47.210"
59	445099	2159434	-99° 31' 23.864"	19° 31' 44.009"
60	445323	2159375	-99° 31' 16.158"	19° 31' 42.121"
61	445654	2159491	-99° 31' 4.825"	19° 31' 45.931"
62	445878	2159606	-99° 30' 57.147"	19° 31' 49.683"
63	446108	2159527	-99° 30' 49.241"	19° 31' 47.141"
64	446280	2159512	-99° 30' 43.343"	19° 31' 46.664"
65	446517	2159613	-99° 30' 35.217"	19° 31' 49.978"
66	446717	2160023	-99° 30' 28.402"	19° 32' 3.336"
67	446631	2160258	-99° 30' 31.389"	19° 32' 10.974"
68	446359	2160490	-99° 30' 40.730"	19° 32' 18.494"
69	446427	2160726	-99° 30' 38.430"	19° 32' 26.179"
70	446364	2161190	-99° 30' 40.647"	19° 32' 41.270"
71	446080	2161351	-99° 30' 50.386"	19° 32' 46.477"
72	445735	2161346	-99° 31' 2.237"	19° 32' 46.286"
73	445391	2161432	-99° 31' 14.045"	19° 32' 49.060"
74	445257	2161493	-99° 31' 18.659"	19° 32' 51.035"

FID	UTM		GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
75	444792	2162023	-99° 31' 34.663"	19° 33' 8.219"
76	444904	2162400	-99° 31' 30.865"	19° 33' 20.502"
77	444665	2162602	-99° 31' 39.077"	19° 33' 27.028"
78	444665	2162709	-99° 31' 39.099"	19° 33' 30.516"
79	444502	2162764	-99° 31' 44.700"	19° 33' 32.295"
80	443945	2163099	-99° 32' 3.852"	19° 33' 43.131"
81	443530	2163167	-99° 32' 18.102"	19° 33' 45.307"
82	443046	2163135	-99° 32' 34.709"	19° 33' 44.216"
83	442905	2163076	-99° 32' 39.541"	19° 33' 42.282"
84	442701	2163130	-99° 32' 46.549"	19° 33' 44.017"

Fuente: Pimex, 2022.

Adicionalmente al Sistema Ambiental Regional del proyecto, se delimito el área de influencia que se trata de un espacio geográfico de una ocupación menor, pero se trata del sitio donde se tienen los impactos significativos de la obra, para el caso del proyecto: .C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO, en la siguiente imagen se muestra el polígono del área de influencia.

Imagen IV. 3. Área de influencia



Fuente: PIMEX, 2022.

Como se muestra en la imagen anterior la mayor parte del proyecto se localiza sobre un suelo de pastizales con una fuerte fragmentación de la vegetación de bosques, las cuales en la zona de incidencia de la obra no se podría considerar como suelo con forestal, ya que le mismo se encuentra fragmentado por las vialidades aledañas, zonas de tala y sitios de agricultura que han ganado territorio a la vegetación prístina, para el caso del proyecto, se presenta un área de influencia con una superficie de 440.84 Ha, En la siguiente tabla se muestran las coordenadas del SAR, calculadas con el DATUM WGS84, de la Zona 14 N.

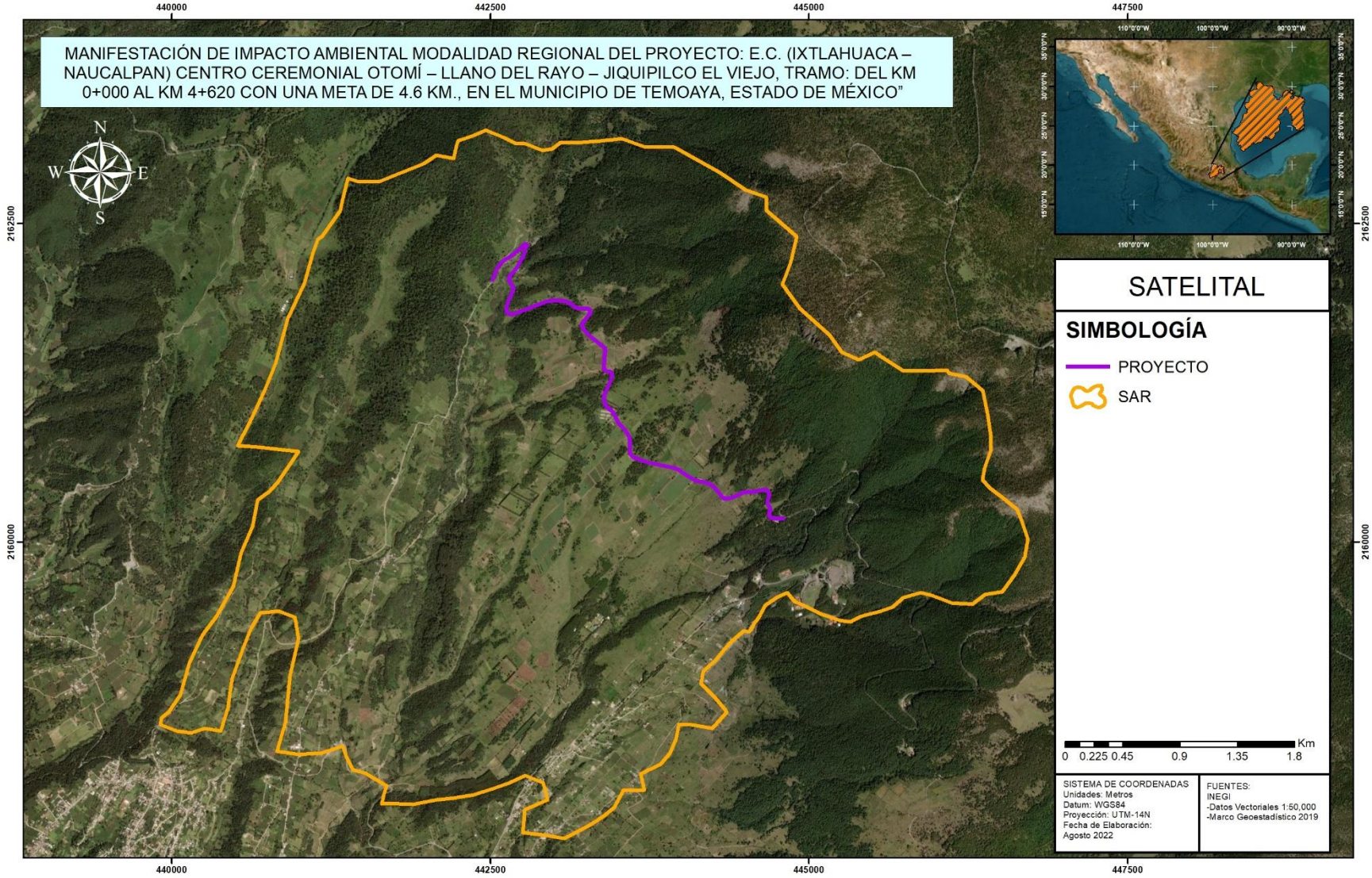
Tabla IV. 3 Coordenadas del Área de influencia.

FID	UTM		GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
1	442761	2162824	-99° 32' 44.473"	-99° 32' 44.473"
2	442669	2162774	-99° 32' 47.601"	-99° 32' 47.601"
3	442550	2162688	-99° 32' 51.679"	-99° 32' 51.679"
4	442496	2162485	-99° 32' 53.507"	-99° 32' 53.507"
5	442376	2162312	-99° 32' 57.629"	-99° 32' 57.629"
6	442264	2162151	-99° 33' 1.422"	-99° 33' 1.422"
7	442181	2162042	-99° 33' 4.260"	-99° 33' 4.260"
8	442177	2161892	-99° 33' 4.409"	-99° 33' 4.409"
9	442241	2161777	-99° 33' 2.177"	-99° 33' 2.177"
10	442323	2161661	-99° 32' 59.372"	-99° 32' 59.372"
11	442288	2161541	-99° 33' 0.564"	-99° 33' 0.564"
12	442297	2161408	-99° 33' 0.215"	-99° 33' 0.215"
13	442292	2161359	-99° 33' 0.394"	-99° 33' 0.394"
14	442329	2161306	-99° 32' 59.111"	-99° 32' 59.111"
15	442343	2161266	-99° 32' 58.630"	-99° 32' 58.630"
16	442395	2161241	-99° 32' 56.849"	-99° 32' 56.849"
17	442430	2161131	-99° 32' 55.646"	-99° 32' 55.646"
18	442541	2161093	-99° 32' 51.830"	-99° 32' 51.830"
19	442624	2161117	-99° 32' 48.973"	-99° 32' 48.973"
20	442699	2161013	-99° 32' 46.393"	-99° 32' 46.393"
21	442780	2160899	-99° 32' 43.595"	-99° 32' 43.595"
22	442867	2160800	-99° 32' 40.600"	-99° 32' 40.600"
23	442982	2160698	-99° 32' 36.655"	-99° 32' 36.655"
24	443089	2160637	-99° 32' 32.947"	-99° 32' 32.947"
25	443034	2160509	-99° 32' 34.842"	-99° 32' 34.842"
26	443127	2160432	-99° 32' 31.626"	-99° 32' 31.626"
27	443308	2160295	-99° 32' 25.396"	-99° 32' 25.396"
28	443535	2160172	-99° 32' 17.611"	-99° 32' 17.611"
29	443737	2160071	-99° 32' 10.656"	-99° 32' 10.656"
30	443865	2160060	-99° 32' 6.284"	-99° 32' 6.284"
31	443997	2159981	-99° 32' 1.739"	-99° 32' 1.739"
32	444120	2159932	-99° 31' 57.522"	-99° 31' 57.522"
33	444218	2159995	-99° 31' 54.158"	-99° 31' 54.158"

FID	UTM		GEOGRÁFICAS	
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD
34	444442	2159909	-99° 31' 46.452"	-99° 31' 46.452"
35	444667	2159938	-99° 31' 38.730"	-99° 31' 38.730"
36	444895	2159960	-99° 31' 30.915"	-99° 31' 30.915"
37	445105	2160057	-99° 31' 23.735"	-99° 31' 23.735"
38	445289	2160112	-99° 31' 17.402"	-99° 31' 17.402"
39	445318	2160087	-99° 31' 16.415"	-99° 31' 16.415"
40	445375	2160204	-99° 31' 14.476"	-99° 31' 14.476"
41	445419	2160278	-99° 31' 12.969"	-99° 31' 12.969"
42	445325	2160354	-99° 31' 16.208"	-99° 31' 16.208"
43	445366	2160536	-99° 31' 14.814"	-99° 31' 14.814"
44	445111	2160553	-99° 31' 23.583"	-99° 31' 23.583"
45	445024	2160631	-99° 31' 26.567"	-99° 31' 26.567"
46	444967	2160715	-99° 31' 28.538"	-99° 31' 28.538"
47	444836	2160768	-99° 31' 33.013"	-99° 31' 33.013"
48	444750	2160814	-99° 31' 35.978"	-99° 31' 35.978"
49	444627	2160941	-99° 31' 40.200"	-99° 31' 40.200"
50	444619	2161063	-99° 31' 40.495"	-99° 31' 40.495"
51	444523	2161165	-99° 31' 43.802"	-99° 31' 43.802"
52	444378	2161326	-99° 31' 48.803"	-99° 31' 48.803"
53	444226	2161509	-99° 31' 54.037"	-99° 31' 54.037"
54	444114	2161659	-99° 31' 57.914"	-99° 31' 57.914"
55	443957	2161796	-99° 32' 3.308"	-99° 32' 3.308"
56	443819	2161838	-99° 32' 8.051"	-99° 32' 8.051"
57	443604	2161937	-99° 32' 15.431"	-99° 32' 15.431"
58	443569	2161965	-99° 32' 16.631"	-99° 32' 16.631"
59	443486	2161986	-99° 32' 19.476"	-99° 32' 19.476"
60	443366	2162079	-99° 32' 23.618"	-99° 32' 23.618"
61	443274	2162210	-99° 32' 26.789"	-99° 32' 26.789"
62	443170	2162362	-99° 32' 30.372"	-99° 32' 30.372"
63	443075	2162480	-99° 32' 33.654"	-99° 32' 33.654"
64	443072	2162537	-99° 32' 33.759"	-99° 32' 33.759"
65	443016	2162632	-99° 32' 35.675"	-99° 32' 35.675"
66	442928	2162694	-99° 32' 38.705"	-99° 32' 38.705"
67	442858	2162764	-99° 32' 41.129"	-99° 32' 41.129"

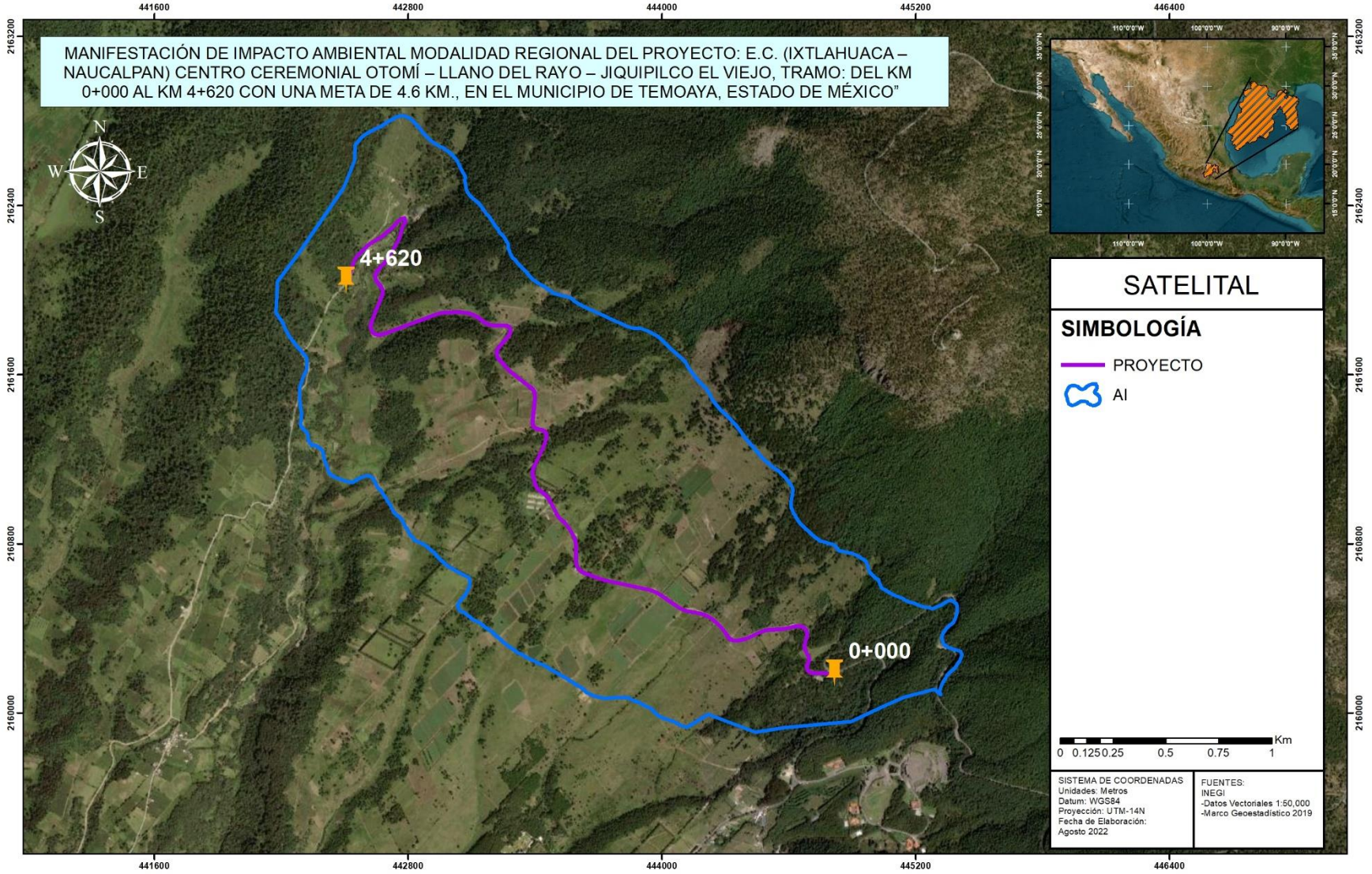
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen IV. 4. Vista del Sistema Ambiental Regional



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen IV. 5. Área de influencia del proyecto



Fuente: PIMEX, 2022.

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR).

IV.2.1. CLIMA Y FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

Para el siguiente trabajo se ha tomado en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, adecuado por Enriqueta García (en modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlos a las condiciones particulares de la República Mexicana, México Offset Larios). De acuerdo con los lineamientos de la obra anteriormente citada, en nuestro país se encuentran cuatro grupos climáticos, los cuales a su vez se dividen en varios subgrupos, tipos y subtipos. En tal sentido tendríamos:

- Grupo de climas cálidos húmedos, definidos por temperatura media del mes más frío en 18 °C.
- Grupo de climas templados húmedos, definido por temperatura media del mes más frío entre -3° y 18 °C y la del más caliente en 6.5 °C.
- Grupo de climas secos, en este caso los límites para determinar los climas secos y los húmedos se establece por medio de fórmulas que relacionan la participación anual con la temperatura y con el régimen de lluvias.
- Grupo de climas fríos, definido por temperatura media del mes más caliente en 6.5 °C.

El clima se refiere al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmosfera en un punto de la superficie de la tierra. El clima de una región está controlado por una serie de elementos como temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, principalmente. Estos valores se obtienen a partir de la recopilación en forma sistemática y homogénea de la información meteorológica, durante periodos que se consideran suficientemente representativos, de 30 años o más. Factores como la latitud, longitud, continentalidad, relieve, dirección de los vientos, también determinan el clima de una región (INEGI; 2013).

México presenta una gran variedad de climas; áridos en el norte del territorio, cálidos húmedos y subhúmedos en el sur, sureste y climas fríos o templados en las regiones geográficas elevadas. Útil para comprender la dinámica del clima a nivel global y regional, caracterizar regiones hidrológicas, delimitación de zonas de riesgo hidro-meteorológico y planeación agrícola, entre otras aplicaciones.

Dada la ubicación geográfica del territorio del Estado de México el clima dominante debería de ser tropical, sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas, de tal suerte que existen los templados en los valles elevados, semifríos y fríos en las montañas, semisecos en la parte noroeste y semicálidos y cálidos en el sur y suroeste. Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, la entidad presenta los siguientes tipos de clima:

- Templado subhúmedo C(w) presenta verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5 % de la anual, con oscilación térmica de 5-7 °C. Los subtipos de clima presentan las características y simbología siguientes: alta humedad C(w2)(w)b(i)g, humedad moderada C(w1)(w)b(i')g y baja humedad C(w0)(w)b(i')g. Está presente en gran parte de las regiones Pánuco y Lerma.
- Semifrío C(E) se presentan dos subtipos, el primero, C(E)(W2)(w)b(i)g, clima semifrío, subhúmedo, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5 %, el verano es largo; isotermal y con la temperatura más elevada antes del solsticio de verano, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el Nevado de Toluca, la Sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. El segundo subtipo, el C(E)(m)(w)b(i)g, clima semifrío, húmedo, con verano largo isotermal, la lluvia de invierno es menor a 5 % y la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano.
- Frío E(T)H, con temperatura media anual de -2 °C a 5 °C, y la del más frío es menor a 0 °C, es característico de zonas altas, como en el volcán Nevado de Toluca y la Sierra Nevada.

- Seco estepario o semiárido templado B(s) es el menos seco de los secos, presenta lluvia invernal inferior a 5 % con reducida oscilación térmica y la temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano. Su simbología es BS1kw(w)(i)g. Domina la mayor parte del norte de la región Pánuco.
- Cálido A(w) presenta tres subtipos de acuerdo con el grado de humedad: el AW0 (w)(i')g, el más seco de los cálidos; el AW1(w) (i') g, con humedad moderada, ambos con un porcentaje de lluvia invernal inferior a 5 %, poca oscilación térmica anual y la temperatura más alta ocurre antes del solsticio de verano; y el tercero, el cálido subhúmedo AW"0(w)(e)g que presenta sequía intraestival, valores térmicos extremosos de 7-14 °C. Es característico de la región Balsas.
- Semicálido subhúmedo, también manifiesta dos subtipos de acuerdo con el grado de humedad: el A(C)W2(w)(i')g, el más húmedo de los húmedos; y el (A)C(W1")(w)(i)g, de humedad moderada, este último se caracteriza por ser isotermal.

Debido a las diferencias altitudinales (2,600-3,300 msnm), el clima en el municipio de Temoaya es variado. Predominan tres tipos de climas: el primero Cw (w2) (w) b´ (i´) g´ en las partes altas, es un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, cociente P/T>55.3, el porcentaje de precipitación invernal de <5% con respecto a la total anual.
Su temperatura media del mes más frío oscila entre -3° a 18°C, la temperatura de cuatro meses o más superior a 10°C. Tiene un verano largo (semifrío), y oscilación térmica entre 5° y 7°C. La temperatura del mes más caliente se presenta después del solsticio de verano.
Un segundo clima es Cw (w2) (w) big, el cual se distribuye en la mayor parte del piedemonte. Es un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con cociente P/T>55.3, y con un porcentaje de precipitación invernal de <5% con respecto a la total anual. Su temperatura media del mes más frío oscila entre -3° a 18°C, la temperatura del mes más caliente <22°C. Tiene un verano largo (semifrío), con oscilación térmica de 5°.
La temperatura del mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. La distribución de las temperaturas medias anuales oscila entre los 4° y 10.3°C en zonas con una altitud superior a los 3,000 msnm; para los rangos altitudinales de 2600-3000 msnm es de entre 12.4° y 13.4°C, mientras que en la planicie fluctúan de 13.5 a 14.8°C. Durante el invierno las temperaturas medias mensuales oscilan entre 2.4° a 12.1°C; las más bajas se registran en la parte alta de la Sierra de Las Cruces. En los meses de verano las temperaturas medis mensuales están en el rango de los 4.5° a los 16.6°C.
Por último, Cw (w2) (w) b (i´) g, cubre parte del piedemonte bajo y la planicie. Es un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con cociente P/T>55.3, y con un porcentaje de precipitación invernal de <5% con respecto a la total anual. Su temperatura media anual oscila entre los 12° a 18°C, la temperatura del mes más frío es entre -3° a 18°C y la temperatura media del mes más caliente <22°. Tiene un verano largo con oscilación térmica entre 5° y 7°C. La temperatura del mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano, que se distribuye en la mayor parte del municipio (Alvarado-López, 2008).
Las lluvias más abundantes son en verano y otoño. Para el verano, los valores de precipitación medios varían entre 246 a 126 mm/mensual; los más altos se presentan en las zonas de mayor altitud. Las lluvias en invierno se reducen como consecuencia de los frentes fríos, y tienen un rango de 6 a 22 mm/mensual. De acuerdo con Alvarado-López (2008) la lluvia máxima en 24 horas se presenta durante los meses de julio a diciembre, mientras que en verano se registran valores de precipitación de 21.5 mm a 40.4 mm, a diferencia del invierno los valores oscilan entre 3.8 a 10.5 mm.

Tabla IV. 4 Tipos de Climas presentes en el Municipio de Temoaya.

TIPO O SUBTIPO	% RESPECTO A SUPERFICIE.
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	72.75%
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	27.25%
Total	100.00

Fuente: INEGI 2010

En lo que respecta al Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto, se presenta solamente el clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), que se presenta en altitudes que van de los 2,890 msnm a los 3,690 msnm sobre lomerío y sierra del Eje Neovolcánico, sobre este tipo de clima se han desarrollado suelos andosoles de textura media que per se los hacen poco vulnerables a la erosión, que a su vez han permitido el desarrollo del bosque de coníferas específicamente del bosque de oyamel y del bosque de pino-encino que actualmente presenta un cambio de uso de suelo hacia el pastizal inducido y la agricultura de temporal anual. Todo esto se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 5 Tipos de Climas presentes en el SAR.

Clima tipo	Descripción Temperatura	Descripción precipitación	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes mas frio entre -3°C y 18°C, temperatura del mes mas caliente bajo 22øC.	Precipitación en el mes mas seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	2231.75	100.00%
Total			**2232.75**	**200.00%**

Fuente: INEGI 2010

Caso similar sucede con el Área de Influencia del proyecto en el que el clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), se presenta en toda esta zona. Estos datos se pueden confirmar en la siguiente tabla:

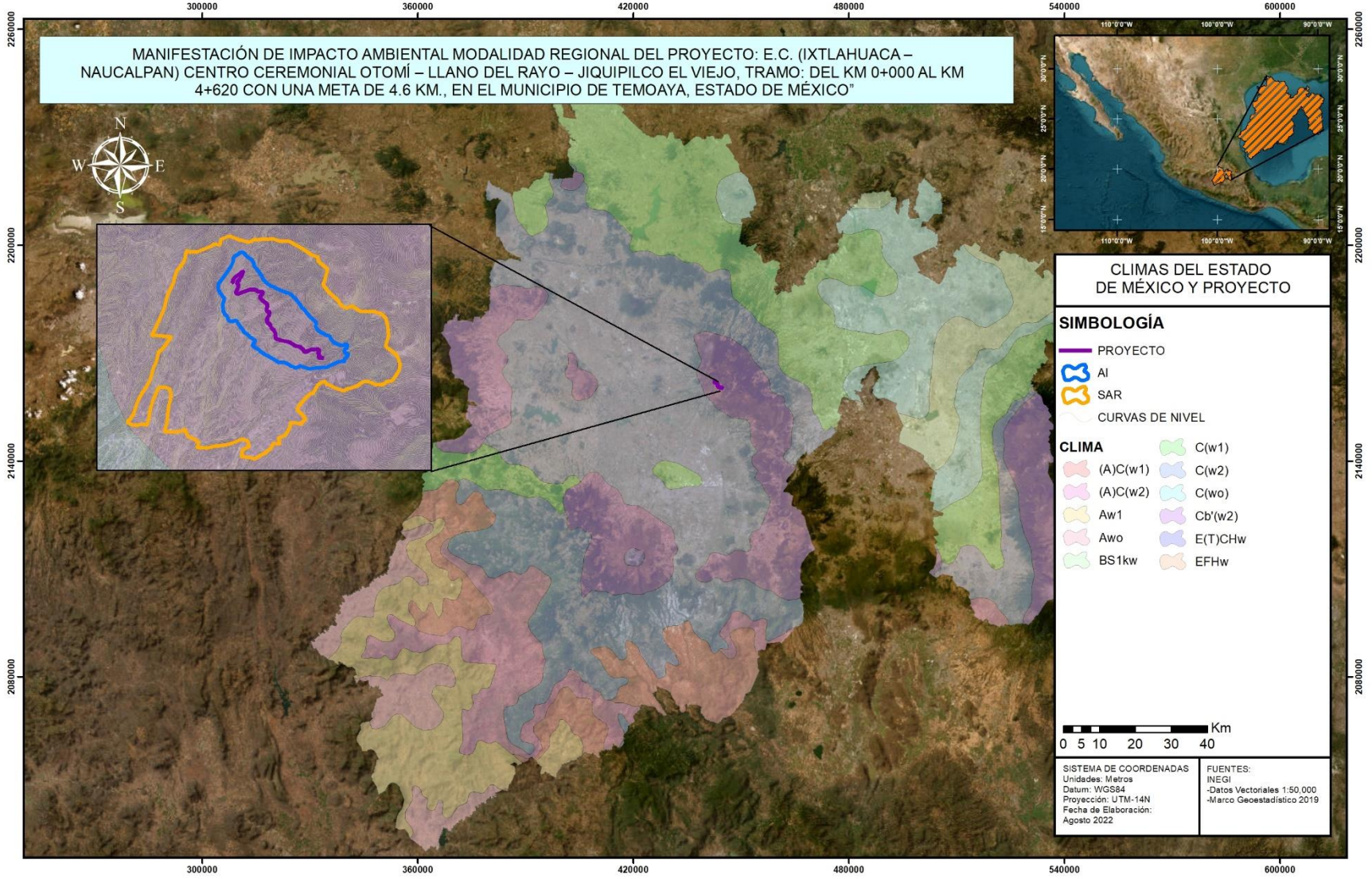
Tabla IV. 6. Tipos de Climas presentes en el Área de Influencia.

Clima tipo	Descripción Temperatura	Descripción precipitación	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes mas frio entre -3°C y 18°C, temperatura del mes mas caliente bajo 22øC.	Precipitación en el mes mas seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	440.84	100%
Total			**440.84**	**100%**

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En lo que se refiere al trazo del proyecto, éste únicamente se asienta en el clima que prevalece en el SAR y en el AI, es decir el clima C(w2) templado subhúmedo, del km 0+000 al km 4+620 en altitudes que oscilan entre los 3,117 msnm a los 3,234 msnm con pastizal inducido y bosque de oyamel a los alrededores.

Imagen IV. 6. Tipos de clima en el Estado de México.



Fuente: BIOTA, 2020

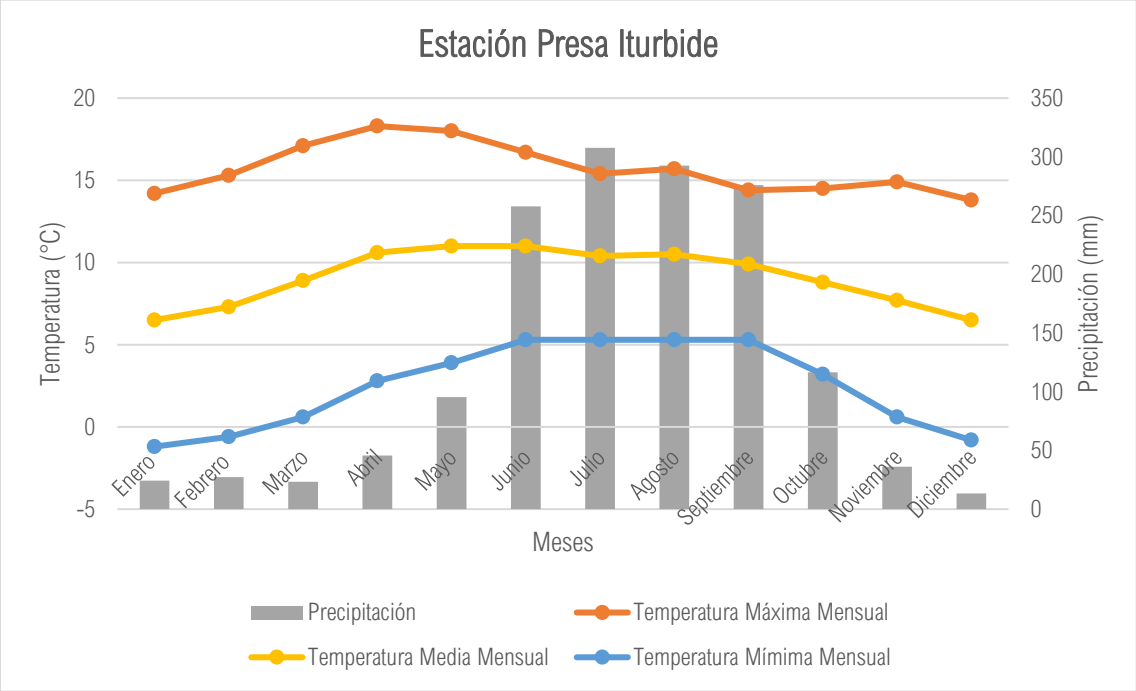
De manera complementaria se muestra el climograma en el que se representa el comportamiento mensual de los parámetros temperatura y precipitación registradas por la Estación Meteorológica **Presa Iturbide** (15231), la cual cuenta con los registros estadísticos de los años de 1981 al 2010. Esta estación es representativa del clima, en donde se inserta el trazo del proyecto que corresponde a un clima Semifrío Subhúmedo

La estación meteorológica **Presa Iturbide** se encuentra en las coordenadas geográficas 19°31' 46" de latitud norte y en 99°27'51" de longitud oeste, a una altura de 3,290 metros sobre el nivel del mar y a 6.54 kilómetros en línea recta al este del trazo del proyecto.

- **TEMPERATURA.** En la siguiente tabla se puede apreciar las temperaturas que se presentan en la zona de interés del proyecto. De la información climatológica de la estación Presa Iturbide tenemos que durante los 29 años de registro (1981-2010) se tienen en la región una temperatura media anual de 9.1°C, el periodo más cálido ocurre durante los meses de abril y mayo, en donde se han alcanzado máximas normales de 18.3°C. El periodo más frío en la zona se presenta durante los meses de diciembre a febrero, con mínimas normales de hasta -1.2° en el mes de enero, sin embargo, de manera normal se presentan temperaturas medias de los 6.5 °C a los 11 °C en el año.

- **PRECIPITACIÓN.** En la estación se ha registrado una precipitación media anual de 1,515.8 mm. Los meses más lluviosos son de junio a octubre con valores que van de los 116.5 a 307.7 milímetros, siendo el mes de julio el mes más lluvioso de todos. En la zona en los 29 años de registro se han presentado eventos de lluvia máxima diaria de 90.8 mm en el mes de septiembre, el cual se presentó en el año de 1988.

Gráfica IV. 1. Climograma de la estación meteorológica Presa Iturbide (15231).



Fuente: SMN, 2010.

Tabla IV. 7. Normales Climatológicas de la estación Presa Iturbide.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: MEXICO	PERIODO: 1981-2010		ESTACION: 00015231 PRESA ITURBIDE			LATITUD: 19°31'46" N.		LONGITUD:099°27'51" W.		ALTURA: 3,290.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	14.2	15.3	17.1	18.3	18.0	16.7	15.4	15.7	14.4	14.5	14.9	13.8	15.7
MAXIMA MENSUAL	20.6	21.9	26.5	29.4	28.4	28.8	27.2	27.4	21.8	20.9	21.6	18.8	
AÑO DE MAXIMA	2007	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2006	2006	2007	2006	
MAXIMA DIARIA	24.0	26.0	31.0	37.0	34.0	33.0	30.0	30.0	25.0	26.0	24.5	22.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	05/2007	15/2009	30/2009	02/2009	07/2009	11/2009	08/2009	02/2009	02/2006	09/2006	17/2007	07/2006	
AÑOS CON DATOS	26	29	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	6.5	7.3	8.9	10.6	11.0	11.0	10.4	10.5	9.9	8.8	7.7	6.5	9.1
AÑOS CON DATOS	26	29	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-1.2	-0.6	0.6	2.8	3.9	5.3	5.3	5.3	5.3	3.2	0.6	-0.8	2.5
MINIMA MENSUAL	-4.1	-5.2	-6.6	-0.5	2.2	3.5	3.5	3.5	3.5	-0.4	-2.1	-4.8	
AÑO DE MINIMA	1999	2007	2007	1989	1987	1992	1994	1997	1985	1987	1999	2006	
MINIMA DIARIA	-8.5	-10.5	-10.0	-5.5	-6.5	-6.0	-1.0	-2.0	-8.5	-8.0	-9.5	-8.0	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	23/1989	06/1987	07/1987	23/2006	13/2006	14/1999	11/1989	10/1988	31/2006	01/2006	26/2006	
AÑOS CON DATOS	26	29	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	
PRECIPITACION													
NORMAL	24.3	27.2	23.3	45.7	95.4	257.8	307.7	292.5	275.9	116.5	36.1	13.4	1,515.8
MAXIMA MENSUAL	92.5	297.0	86.8	132.1	277.8	571.5	486.0	494.5	548.7	259.8	124.1	47.5	
AÑO DE MAXIMA	2010	2010	1988	1981	2000	2003	1981	2006	1998	1991	1998	1995	
MAXIMA DIARIA	48.5	154.0	40.5	41.5	41.0	71.5	75.0	69.0	90.8	51.0	56.0	28.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	18/1998	03/2010	04/1988	07/1988	07/1997	29/1985	27/2007	24/1999	04/1988	24/1990	03/1995	30/1995	
AÑOS CON DATOS	26	29	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	66.3	78.5	111.3	110.4	101.3	89.6	77.1	73.3	58.3	62.7	64.8	59.1	952.7
AÑOS CON DATOS	26	29	30	29	29	29	29	28	27	25	26	26	
NUMERO DE DIAS CON													
LLUVIA	3.2	3.8	4.0	7.6	13.3	20.0	25.1	23.6	21.8	13.6	5.7	2.9	144.6
AÑOS CON DATOS	26	29	30	30	29	29	29	28	27	27	27	26	
NIEBLA	9.2	9.1	7.8	12.2	14.7	13.6	14.2	15.1	15.0	12.8	11.5	11.5	146.7
AÑOS CON DATOS	21	24	25	25	24	24	24	23	22	22	22	22	
GRANIZO	0.3	0.5	0.3	0.5	1.2	0.9	1.2	0.7	0.6	0.5	0.5	0.2	7.4
AÑOS CON DATOS	21	24	25	25	24	24	24	23	22	22	22	22	
TORMENTA E.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
AÑOS CON DATOS	21	24	25	25	24	24	24	23	22	22	22	22	

Fuente: SMA ,2020.

FENÓMENOS CLIMATOLÓGICOS.

Los fenómenos naturales son el resultado del desarrollo activo de la atmósfera del planeta en interacción con la superficie de los océanos y la evaporación de la vegetación de la tierra. Los fenómenos naturales son la manifestación extrema del funcionamiento cotidiano del planeta; el clima y la corteza terrestre son el origen de estas manifestaciones llamadas fenómenos naturales, interactuando a veces de manera conjunta y otras de manera separada, pero los fenómenos naturales siempre serán el resultado de estas manifestaciones del planeta. Los fenómenos hidrometeorológicos generados por la acción intensa y/o violenta de los agentes atmosféricos.

Los efectos que se han tenido por la presencia de este fenómeno en México son innumerables, pero los que mayor daño han ocasionado son los huracanes y ciclones en las zonas costeras del Océano Pacífico y Golfo de México (principalmente en Acapulco y Oaxaca, donde cientos de personas perdieron la vida).

En el Estado de México, durante el verano de 1998, debido al periodo de lluvias en el Valle de Toluca el río Lerma sobrepasa su nivel, al grado de desbordarse, ocasionando inundaciones en gran parte de su cauce, por tal motivo decenas de familias tuvieron que pasar gran tiempo en refugios y albergues temporales. En el año 2000, aguas negras del canal la compañía inundó varias colonias del municipio de Chalco, causando grandes pérdidas materiales, por lo cual fue declarada zona de desastre.

- **GRANIZO.** Debido a la distribución de las tormentas de granizo, se relacionan con el relieve, la exposición de laderas, vientos dominantes y el aumento a la altitud, este fenómeno se registra sobre todo en regiones montañosas. La región con frecuencia media entre uno y dos días con granizo al año. En el Sistema Ambiental Regional son poco frecuentes los eventos de granizo y de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, éste se asienta en una zona clasificada como de intensidad media con 4 a 8 eventos por año.

- **TORMENTAS Y CICLONES TROPICALES.** Los ciclones tropicales son tormentas violentas que se forman en el mar y que giran alrededor de una zona llamada centro, el cual, a su vez, se desplaza por el mar o en tierra, donde se debilita el sistema. En México, la temporada de ciclones tropicales inicia el 15 de mayo en el océano Pacifico y para el Atlántico el 30 de mayo; en ambos océanos la temporada termina el 30 de noviembre. Los efectos de los ciclones tropicales son cuatro: viento, oleaje, marea de tormenta y precipitación, esta última genera a su vez, inundaciones e inestabilidad de laderas. Se ha observado que en los océanos Atlántico y Pacífico noreste se presentan 34 ciclones tropicales en promedio, entre depresiones y tormentas tropicales, así como huracanes, de los cuales, 18 ocurren en el océano Pacífico y 16 en el Atlántico. De éstos, anualmente cinco impactan a México, tres del Pacífico y dos del Atlántico. Durante 1950 a 2017 han tocado tierra en el país 297 ciclones, los cuales en su mayoría son tormentas tropicales y sólo seis alcanzaron la categoría de huracán V en la escala Saffir-Simpson. Las áreas más expuestas a huracanes categoría I o superiores son las costas. En lo que respecta al Sistema Ambiental Regional junto con su Área de Influencia, éstos presentan una muy baja incidencia por este tipo de fenómenos climatológicos.

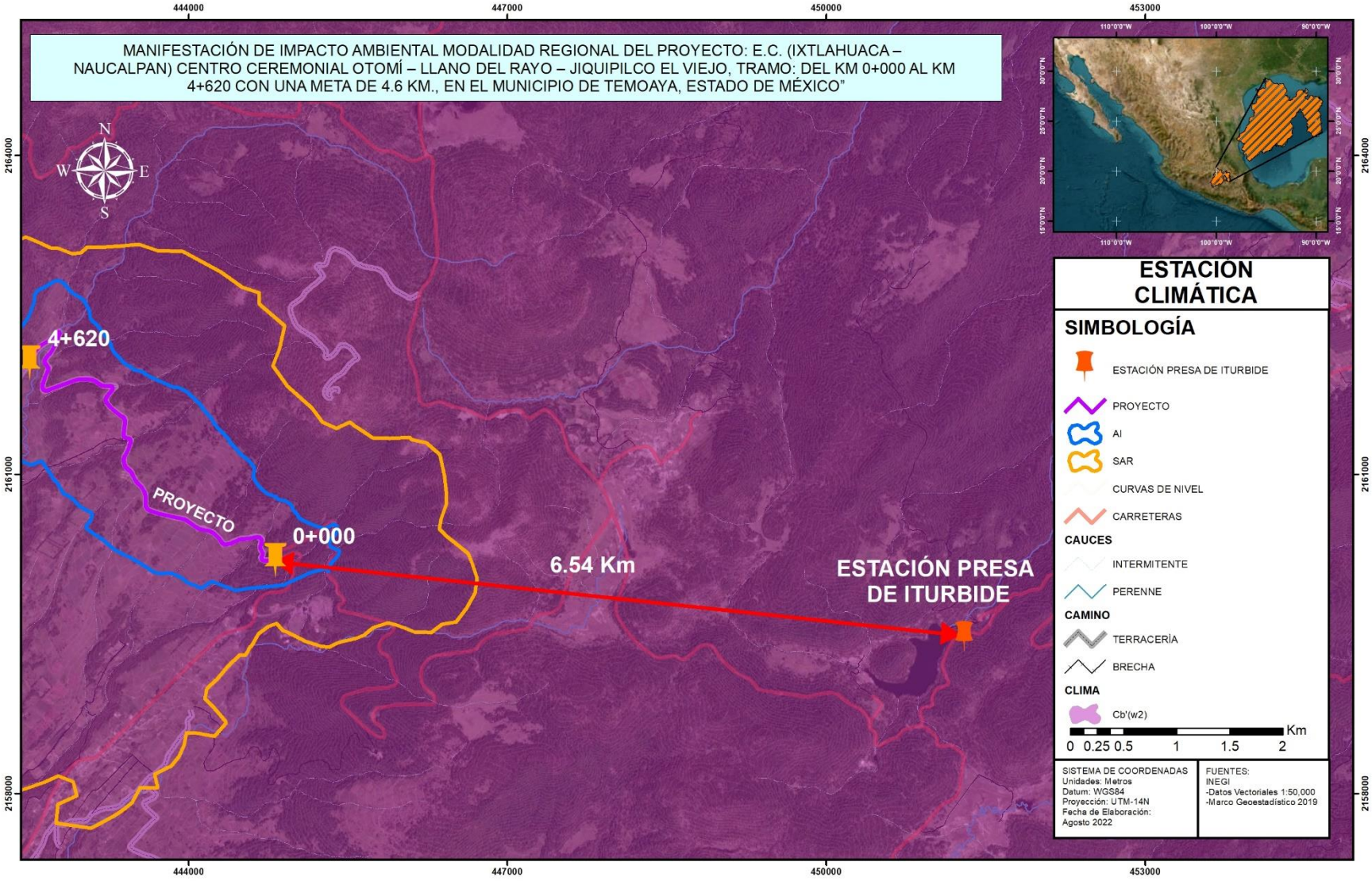
- **INUNDACIONES.** En lo que se refiere a este fenómeno, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos de Cenapred el Sistema Ambiental junto con su Área de Influencia en una zona de vulnerabilidad media.

- **ISOTERMAS.** Las isotermas, son líneas que unen puntos con iguales temperaturas medias anuales, menores, presentes en el mapa del Estado de México, son las de menor a -2°C a 5°C, ubicadas en la porción Suroeste, dentro de las Sierras Volcánicas, incluyendo al Nevado de Toluca. La temperatura máxima se presenta en la parte extrema Suroeste del territorio, con temperaturas que van de los 24°C a los 28°C, colindando con el Estado de Guerrero. Para el caso particular del Sistema Ambiental del Trazo del Proyecto se presentan una única isoterma, esto es se presenta una isoterma semifría con temperaturas que van de los 10°C a los 12°C con altitudes que oscilan entre los 2,890 msnm a los 3,690 msnm. El Trazo del proyecto corresponde con una zona semifría, con rangos de temperatura de 10°C a 12°C, lo cual se puede corroborar en la siguiente imagen.

- **ISOYETAS.** Las isoyetas son líneas que delimitan zonas con igual registro de precipitación, en milímetros. En el Estado de México, el rango que se tiene para los valores de isoyetas abarca menores de 600 a mayores de 1,500 mm, que lo ubican como una de las entidades con características de precipitación moderada. En el mapa se aprecia un patrón de distribución ascendente para las isoyetas de noreste a suroeste, que coincide con las partes bajas y más elevadas del territorio; asimismo con los climas, siendo las características del clima semiárido para las zonas más urbanizadas. Para el caso particular del Sistema Ambiental y el Área de Influencia del Trazo del Proyecto, se localiza en dos isoyetas en la zona con precipitación anual de 1000 a 1200 mm en el lado suroeste y en el lado oriente la isoyeta que va entre los 1200 y los 1500 mm. En lo que se refiere al trazo del proyecto, éste se asienta completamente en la isoyeta que oscila entre los 1200 y los 1500 msnm en el lado poniente, esto se puede verificar en la siguiente imagen:

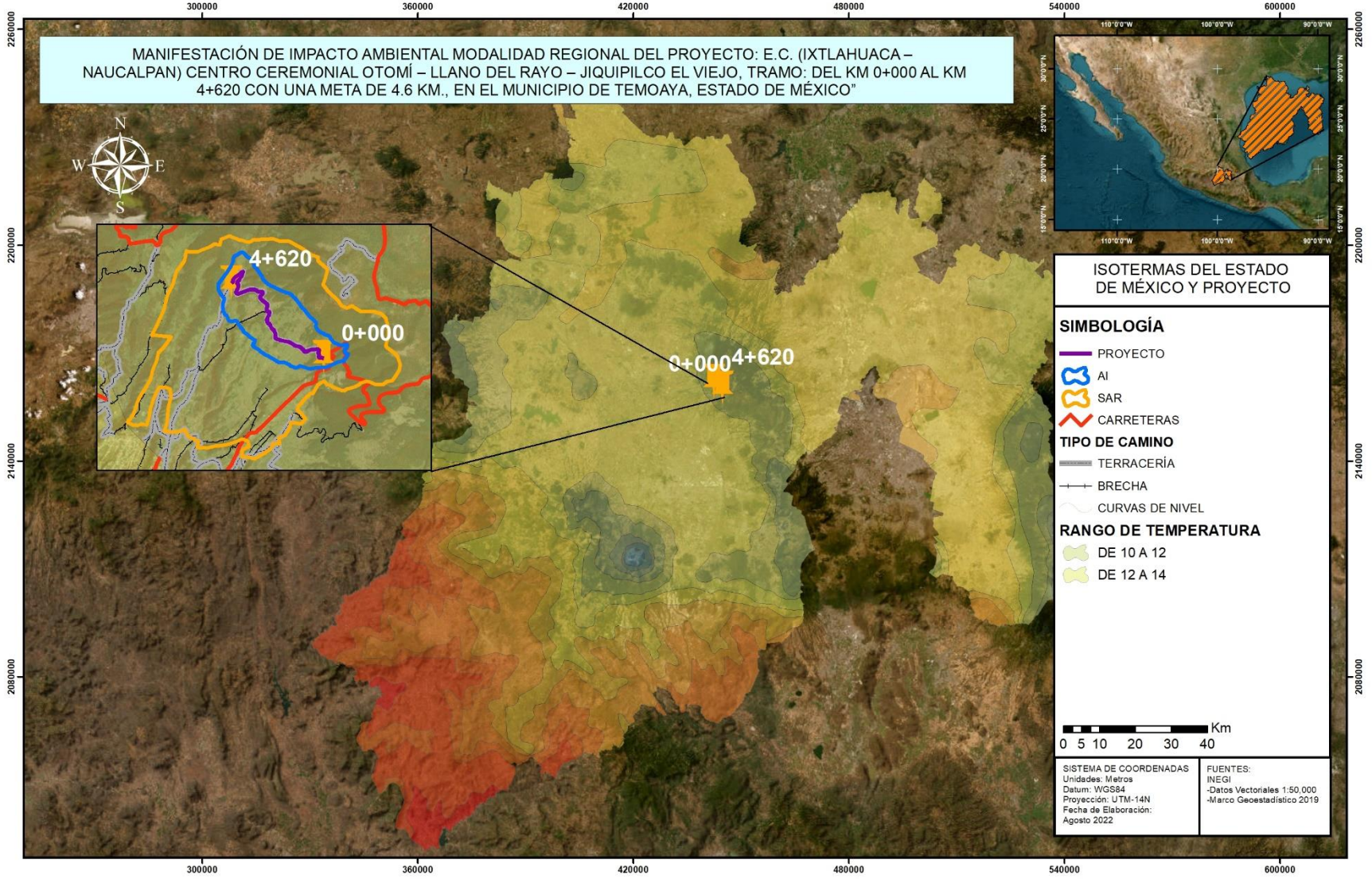
En la siguiente figura se puede observar la distancia que existe entre las estaciones climatológicas y el trazo del proyecto.

Imagen IV. 7. Estación Meteorológica cercanas al trazo del proyecto.



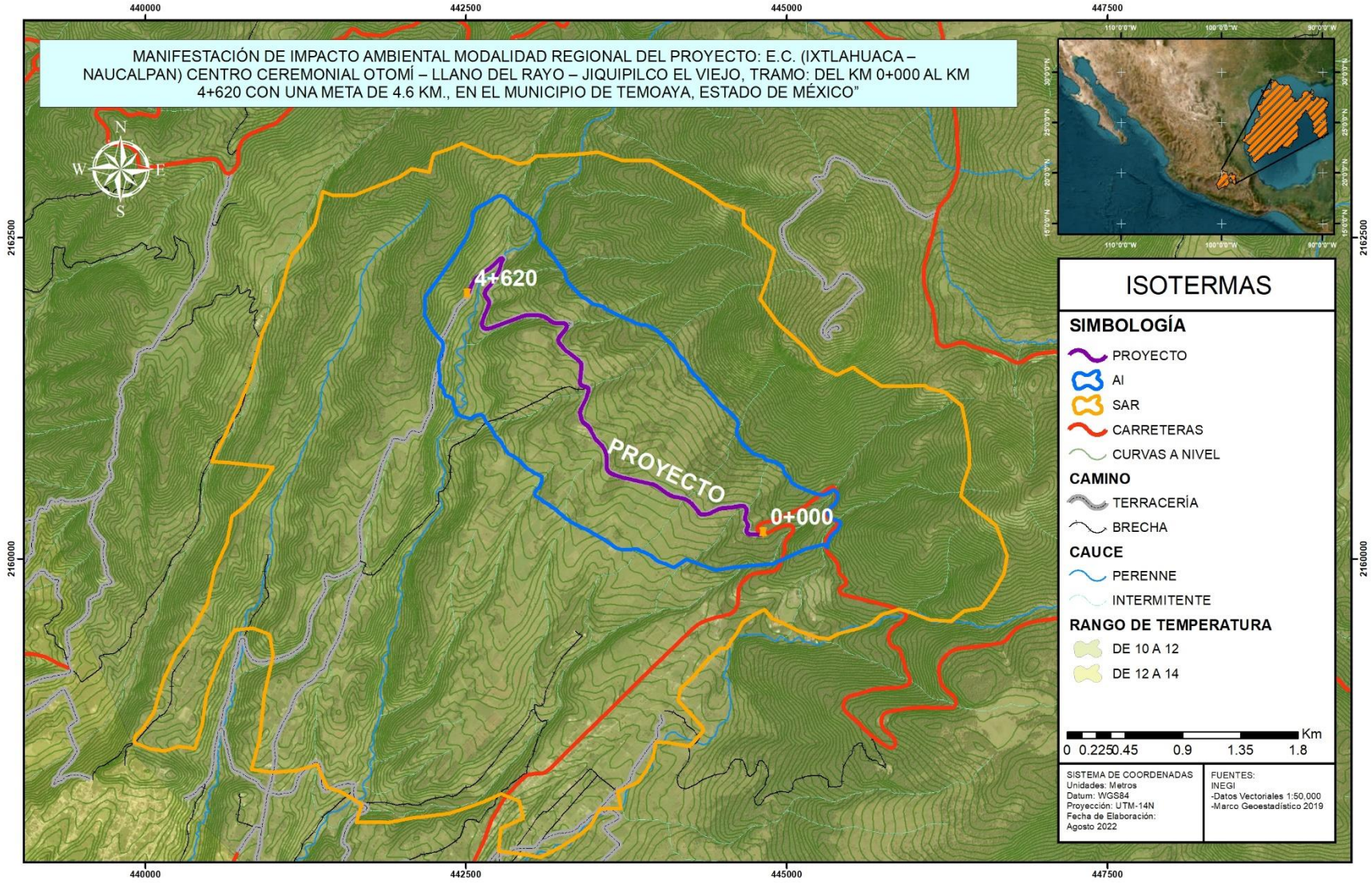
Fuente: BIOTA, 2020

Imagen IV. 8 Isotermas del Estado de México.



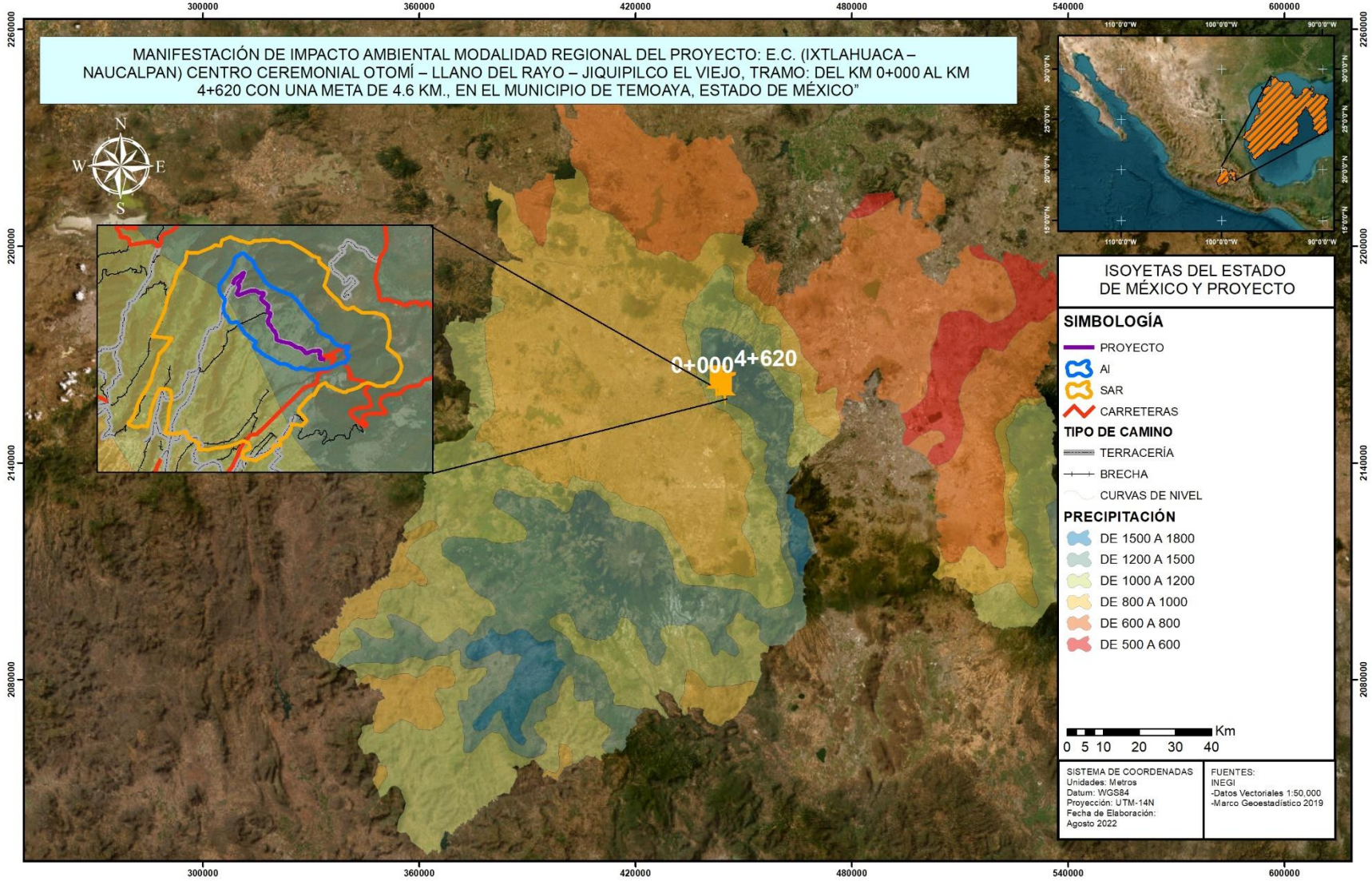
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 9. Isotermas del SAR del trazo del proyecto.



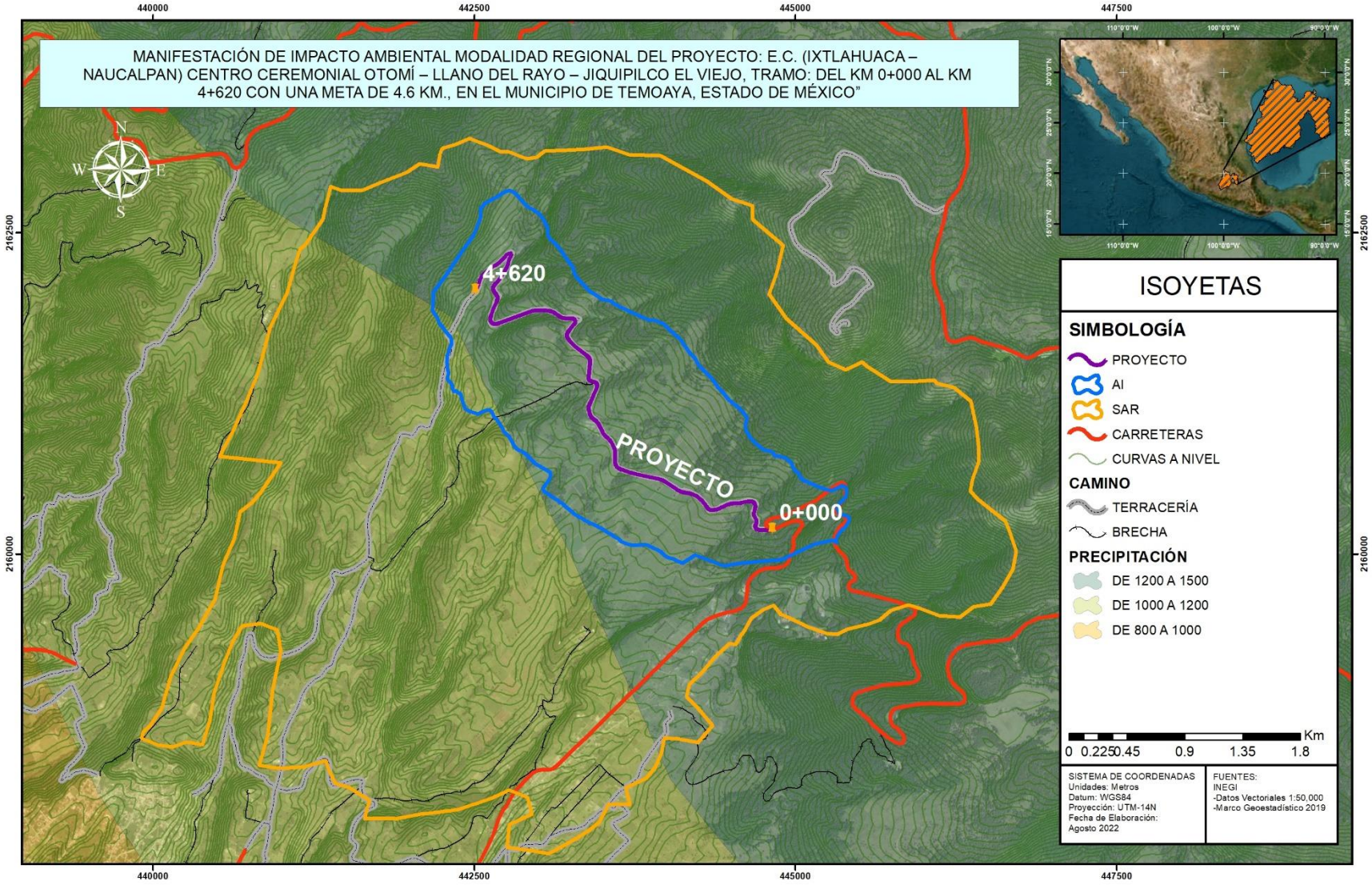
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 10. Isoyetas del Estado de México.



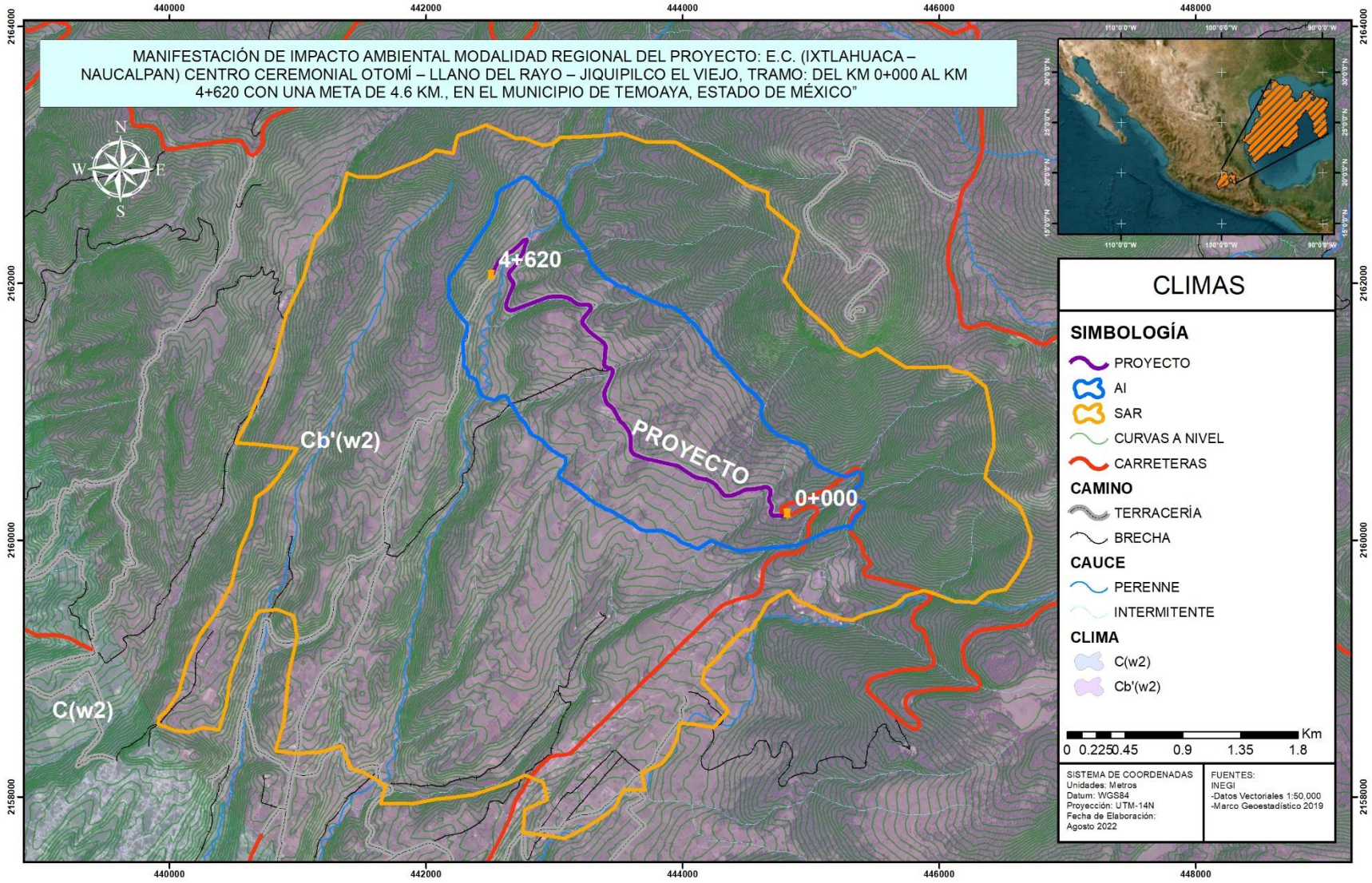
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 11. Isoyetas del SAR del trazo del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 12. Climas del Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

IV.2.2. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la rama de la geología y de la geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los procesos que las generan. La geomorfología está muy relacionada tanto con la geografía física como con la geografía humana (en lo que se refiere a los riesgos naturales y la relación del hombre con el medio).

El relieve es uno de los elementos del paisaje natural que permite diferenciar el territorio en ámbitos ecológicos con cierta homogeneidad. Condiciona la movilidad del flujo de materia y energía e induce en gran medida la distribución de las comunidades vegetales, el potencial de las actividades productivas y la ubicación preferente de los asentamientos humanos.
Con fines metodológicos, el territorio nacional puede subdividirse agrupando regiones que tengan un mismo origen geológico, con paisajes y tipos de rocas semejantes en la mayor parte de su extensión y con geoformas similares. Las zonas así diferenciadas se les reconoce como provincias fisiográficas. En México se han reconocido 15 provincias fisiográficas.

El territorio del Estado de México se encuentra enclavado en el sistema orográfico de la provincia del Eje Volcánico Transversal que comprende las subprovincias Mil Cumbres, Lagos y Volcanes de Anáhuac y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; y en la provincia Sierra Madre del Sur que comprende las subprovincias Depresión del Balsas y Sierras y Valles Guerrerenses (INEGI, 2002). El relieve es bastante irregular pues en 76.1 % del territorio predomina sierras y lomeríos, en tanto que en el restante 23.9 %, llanuras y valles. Desde las costas de Colima y Nayarit se extiende el Eje Neovolcánico Transversal, hacia el Estado de Veracruz, siendo una de las principales y más conspicuas unidades geológicas y geomorfológicas de la República Mexicana. Es una franja de 900 Km, alargada de Oeste a Este, con amplitudes variables de 50 a 250 Km, producto de una intensa actividad volcánica durante el Cuaternario. Morfológicamente, el sistema volcánico transversal consiste en una serie de planicies escalonadas, desmembradas por volcanes aislados, pequeños grupos de volcanes y grandes cadenas montañosas volcánicas. El modelo erosivo se reconoce sólo en pequeñas localidades donde la intensa actividad endógena ha impedido su desarrollo normal.

El Municipio de Temoaya se encuentra localizado dentro del Valle de Toluca por la parte sur y dentro del sistema montañoso de la Sierra Monte Alto-Las Cruces-Zempoala por la parte norte. Presenta diferentes elevaciones como el anterior sistema, también cuenta con planicies que están dedicadas especialmente al cultivo y al pastizal inducido. Otra característica importante dentro de este sistema orográfico es que se encuentra una porción de áreas erosionadas o en proceso de erosionarse hacia el norte de la cabecera municipal debido a las condiciones hidrometeorológicas.
Flores 2012, asevera, "El territorio municipal, es morfológicamente un relieve montañoso. En este sentido las montañas representan uno de los ambientes morfológicos de la superficie terrestre más importantes; la mayoría de la población depende de los recursos de las montañas (agua, madera, minerales), así como en la calidad de vida (recreación, turismo y biodiversidad), y cuando se incrementa la presión de la sociedad sobre ellas, se desestabiliza, modificando los procesos naturales. Las laderas son un sistema donde se llevan a cabo relaciones complejas entre procesos y factores como el clima, tipo de roca y estructura, suelo y vegetación, (Ternhaile, 2010), y la entrada y salida de materia y energía proviene de varias fuentes. En consecuencia, la morfología de las laderas y los procesos están fuertemente relacionados con lo antes mencionado, así como el equilibrio que existe entre ellos, por tanto, esta relación procesos-factores va a variar a lo largo de la ladera.
La montaña se caracteriza por ser una superficie rocosa, a partir de valores promedio de los 3,100 msnm, correspondiente a las estructuras volcánicas de La Catedral y Las Navajas. El piedemonte se identifica desde los 2,700 a los 3,100 msnm; es una superficie alargada, suavizada, su origen está asociado a las diferentes etapas volcánicas y erosivas-acumulativas que ha presentado la sierra de Las Cruces, origina una morfología de lomeríos o superficie mesiformes (García-Palomo *et al.,* 2008), por tanto, los materiales que lo conforman son de origen volcánico y aluvial. Uno de los rasgos que particularizan al piedemonte es el sistema de drenaje, con un arreglo paralelo y subparalelo, asociado a la propia morfología alargada del piedemonte, la influencia de fallas y el tipo de material poco consolidado, forman valles fluviales en V, estrechos cuyos interfluvios presentan una superficie plana o convexa de escasos 50 a100 metros en promedio, y con profundidades que oscilan entre los 60 y 100 metros, con pendientes en promedio de 30°; la gran mayoría de los valles fluviales muestran evidencias de actividad erosiva intensa, como son la presencia de cárcavas y numerosos canalillos en sus laderas y bordes. Por último, se encuentra la planicie aluvial, identificada a los 2,560 msnm, conformada por depósitos aluviales y lacustres de edad cuaternaria".

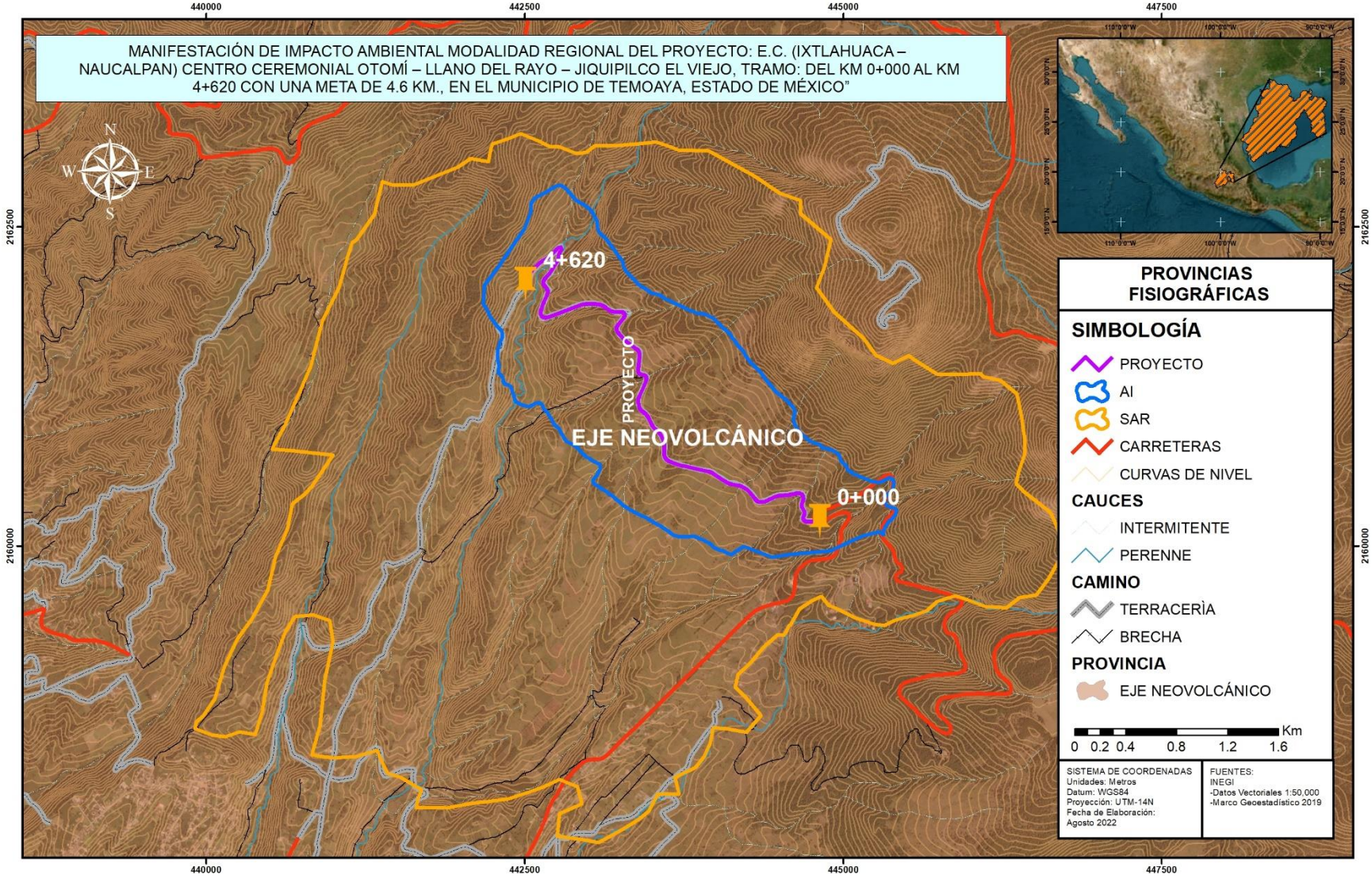
En las partes del norte y noreste se localizan elevaciones hasta de los 3 720msnm, alcanzando su punto máximo en el cerro Catedral y en las partes bajas encontramos altitudes de 2 570msnm, teniendo una altura media de los 2 800msnm. La cabecera municipal, está considerada como uno de los puntos más altos en el Estado de México por encontrarse a una altitud de 2 680msnm. El territorio municipal muestra dos porciones bien diferenciadas: una parte baja y llana caracterizada por suaves lomeríos, y una parte montañosa que aumenta en altitud hacia el norte y noroeste. En esta región existen diversas barrancas y quebradas que sirven de desfogue al agua pluvial, convirtiéndose incidentalmente en arroyos o ríos de cierto caudal. Destaca por su extensión la barranca del Campanario, junto a Jiquipilco el Viejo.
La parte montañosa corresponde al extremo occidental de la tierra de Monte Alto. Las cumbres más importantes oscilan entre los 3, 500 msnm. Destacan los cerros: Gordo, Río Frío, Los Lobos, Negro, Xitoxi, Nepeni, Las Palomas, Catedral, Las Tablas, Cañada Honda y Las Navajas, entre estos cerros existen algunos valles intermontanos de importancia como: Laguna Seca, Doña Juana, Las Mesas y Las Navajas. Entre las elevaciones de menor altura aparecen las Lomas del Campamento, Los Coyotes y las Culebras, así como el cerrito de Don Melesio.

El Sistema Ambiental Regional, junto con el Área de Influencia del trazo del proyecto pertenece al Eje Neovolcánico. La Provincia Fisiográfica del **Eje Neovolcánico**. Conocido también como Sierra Volcánica Transversal; junto con la Sierra Madre del Sur es una de las provincias con mayor variación de relieve y de tipos de rocas. Se extiende desde el Océano Pacifico hasta el Golfo de México, constituyendo una ancha faja de 130 km. Inicia en la Costa Occidental en la desembocadura del río Grande Santiago a la Bahía de Banderas, continua hacia el sureste hasta encontrar el volcán de Colima para después continuar aproximadamente sobre el paralelo 19º N, hasta llegar al pico de Orizaba y al Cofre de Perote, alcanzando 880 km. de longitud. Esta cordillera es la más alta del país, puesto que algunas cimas se encuentran coronadas de nieve permanentemente. Limita a la Sierra Madre, Oriental y Occidental y del Sur. Esta importante estructura determina el límite físico entre el Norte del continente y Centroamérica, así como el límite Altimétrico, orográfico y climatológico.

Asimismo, el SAR junto con el Área de Influencia se asienta sobre la Subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. La subprovincia **Lagos y Volcanes de Anáhuac**, en cuyo territorio se ubican la capital de la república y cinco capitales estatales (Toluca de Lerdo, Tlaxcala de Xicoténcatl, Pachuca de Soto, Heroica Puebla de Zaragoza y Cuernavaca), está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. En ella se localizan algunos de los volcanes más elevados del país, como elPopocatépetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca (Xinantécatl) y La Malinche (Matlalcuéyetl), entre otros. Los vasos de antiguos lagos se encuentran distribuidos entre las sierras y demás aparatos volcánicos, de manera que los mayores quedan ubicados en la cuenca de México (conjunto lacustre Texcoco- Chalco-Zumpango-Xochimilco). Es la que abarca mayor extensión en el estado, 58.59% de la superficie total. Colinda al norte con la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; al oriente se extiende hacia los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla; al sur se interna en el Distrito Federal y el estado de Morelos y limita con la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses; al suroeste colinda con la subprovincia Depresión del Balsas y al oeste con la de Mil Cumbres.

Finalmente, el SAR presenta dos tipos de topoformas, es decir se presentan sierras en gran parte de su delimitación, mientras en el extremo suroeste se presentan lomeríos de tobas.

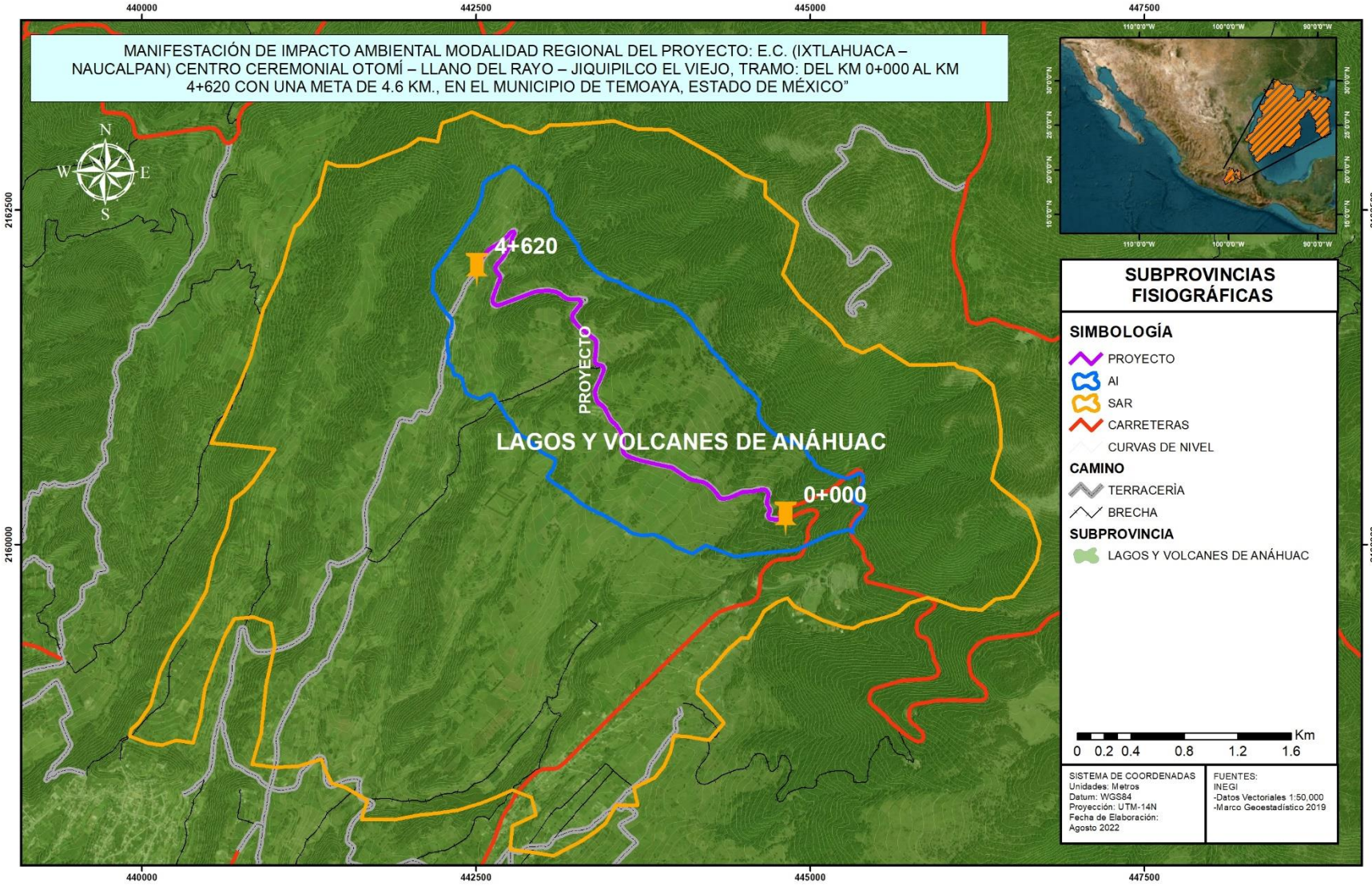
Imagen IV. 13. Provincias Fisiográficas del Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

.

Imagen IV. 14. Subprovincias Fisiográficas del Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

.

Fotografía IV. 1. En las fotografías se puede observar la complejidad de topoformas presentes en el Sistema Ambiental Regional.



Sierra



Sierra volcánica



Sierra volcánica

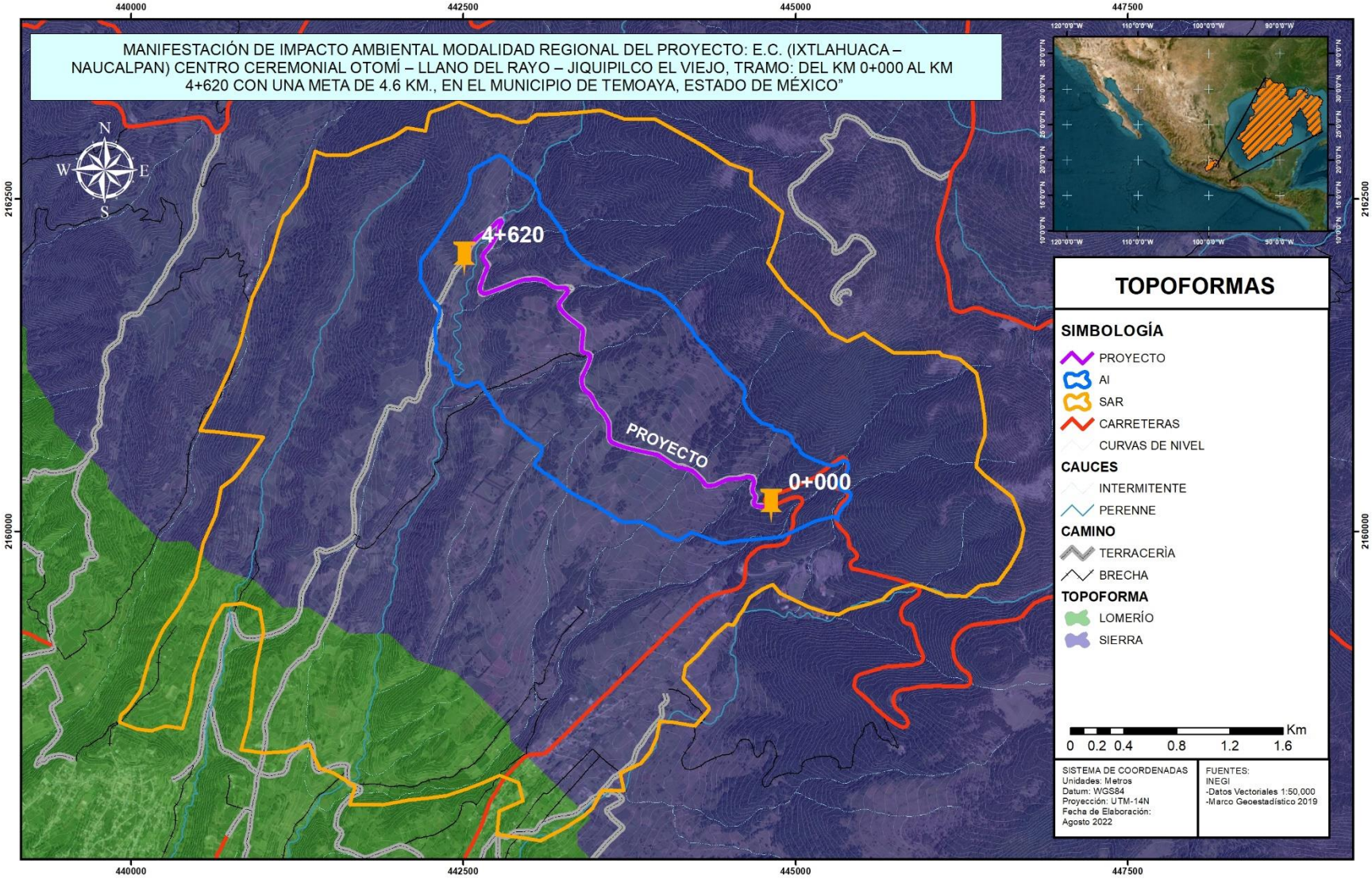


Sierra volcánica

En las fotografías aéreas capturadas mediante vehículo aéreo no tripulado (dron), se puede observar claramente la topología que prevalece en el SAR y el trazo del proyecto, con Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, geomorfología congruente con la complejidad de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico.

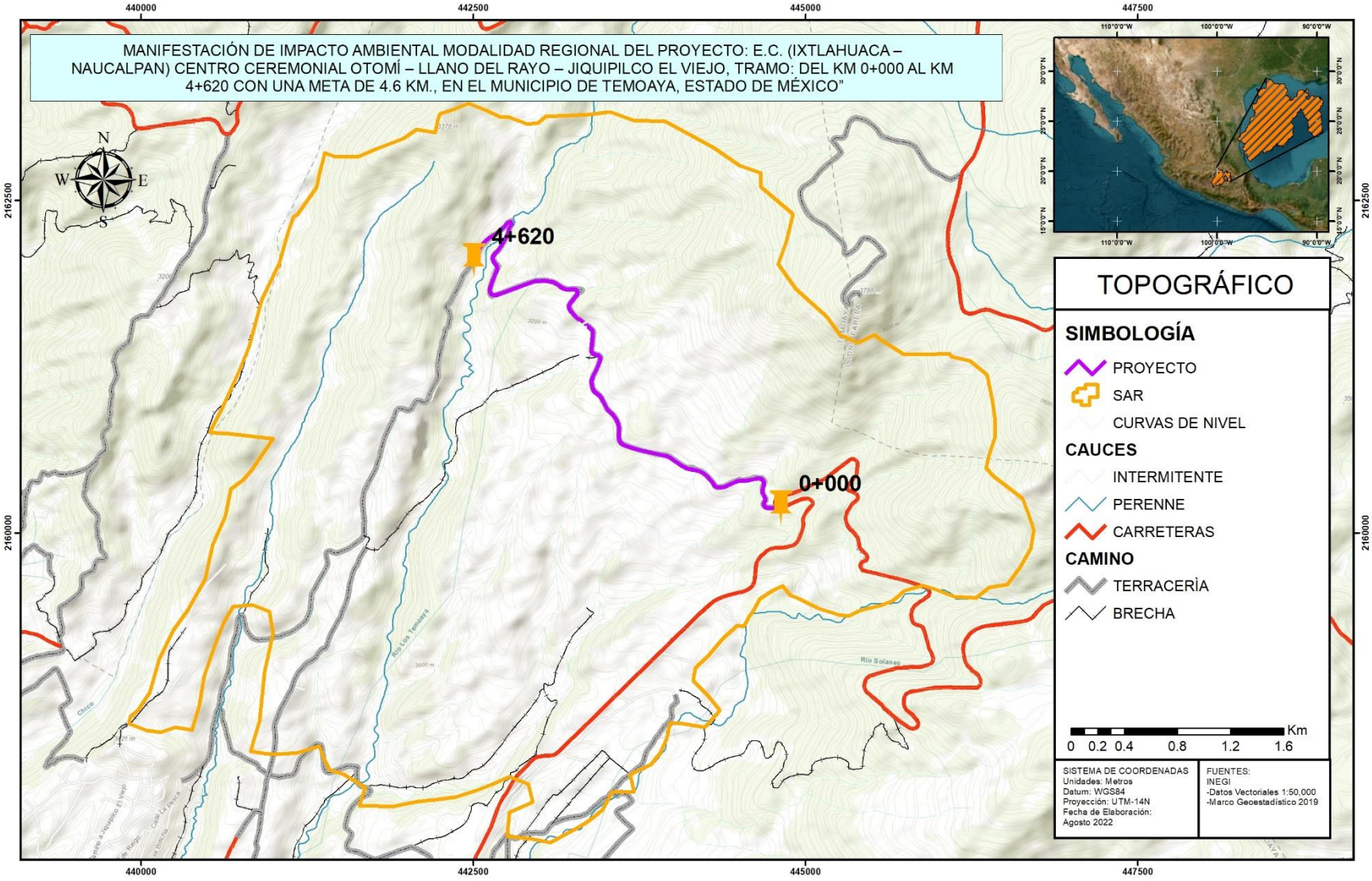
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 15. Topoformas presentes en el área del Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

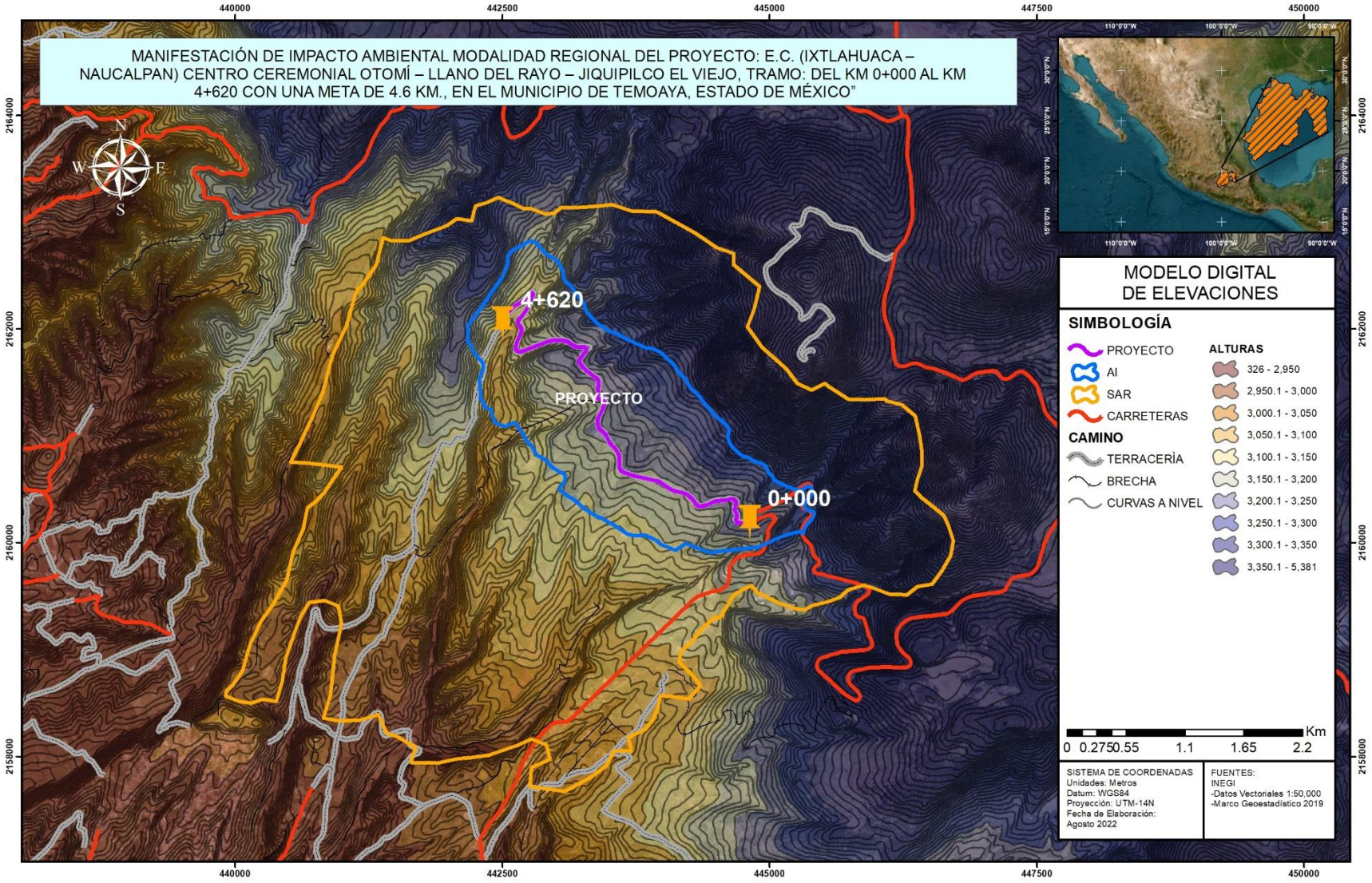
Imagen IV. 16. Topografía presente en el área del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

.

Imagen IV. 17. Modelo Digital de Elevaciones del área del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En lo que se refiere al municipio de Temoaya, éste se asienta completamente sobre el Eje Neovolcánico. Asimismo, se asienta sobre la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac. En cuanto al sistema de topoformas, el territorio municipal presenta un dominio en el Lomerío de tobas con el 47.6%, le sigue el Lomerío de basalto con un 25.11%, la Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados ocupa el tercer sitio de representatividad con un 21.53% y Vaso lacustre de piso rocoso o cementado con el 5.76% ocupa el último lugar de representatividad.

Dentro del Sistema Ambiental Regional se presentan dos topoformas, destacando la sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con un 87.89% que representan 1,961.49 hectáreas en altitudes que oscilan entre los 2,940 msnm y los 3,690 msnm en el Eje Neovolcánico en un clima semifrío subhúmedo. Mientras el 12.11% restante del SAR se asienta sobre lomerío de tobas en altitudes que oscilan entre los 2,890 msnm y los 3,680 msnm del Eje Neovolcánico en clima semifrío subhúmedo

Los datos anteriormente mencionados se pueden verificar en la siguiente tabla e imagen:

Tabla IV. 8. Topoformas del Sistema Ambiental Regional.

Entidad	Nombre	Descripción	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
Sistema de topoformas	Lomerío	Lomerío de tobas	270.27	12.11%
Sistema de topoformas	Sierra	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	1961.49	87.89%
Total			2231.76	100.00%

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En el Área de Influnecia se presenta únicamente el tipo de topoforma que prevalece en el SAR, es decir, la sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados

Tabla IV. 9. Topoformas del Área de Influencia.

Entidad	Nombre	Descripción	Área (hectáreas)	Porcentaje (%)
Sistema de topoformas	Sierra	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	440.84	100%
Total			440.84	100%

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En lo que se refiere al trazo del proyecto, éste se asienta sobre la sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados. Esto se puede confirmar en las anteriores imágenes:

IV.2.3. GEOLOGIA

La geología es considerada como una ciencia histórica ya que parte de la premisa de que el relieve actual de la Tierra es el resultado de una larga y variada evolución, por ello analiza este desarrollo espacial y temporal para señalar los factores y fuerzas que actuaron en el proceso y que le han dado la forma que actualmente conocemos, tanto en el exterior como en el interior de nuestro planeta.

La mayor parte del área estatal está ubicada dentro del Eje Neovolcánico, mientras que la porción sudoccidental de la entidad se localiza en el complejo orogénico de Guerrero-Colima, y sólo una pequeña porción del sur del estado forma parte de la Plataforma Morelos-Guerrero. En el estado de México, las rocas volcánicas y volcanoclásticas que forman parte de la provincia Eje Neovolcánico, y que fueron producidas simultáneamente con el volcanismo del Cenozoico, representan alrededor del 70% de la superficie de la entidad. Dado que las estructuras volcánicas de esta provincia son muy jóvenes, en el estado existen numerosos aparatos volcánicos, dentro de los que se incluyen los enormes estratovolcanes tales como: Nevado de Toluca (Xinantécatl), Popocatepetl e Iztaccíhuatl. Estos volcanes, por su altura sobre el nivel del mar, están dentro de los mayores de todo el país; a la vez forman parte de los macizos montañosos de mayor altitud en la República Mexicana. El complejo orogénico de Guerrero- Colima consiste esencialmente de secuencias de arenisca-toba del Jurásico-Cretácico con afinidad de arcos de islas. Las secuencias están deformadas y afectadas por un metamorfismo regional de bajo grado. En algunas áreas

de la porción suroccidental de la entidad, estas rocas mesozoicas están cubiertas por rocas sedimentarias y volcánicas del Terciario Inferior y Superior; la superficie de afloramiento de las rocas mesozoicas representa alrededor del 10% de la superficie del estado. La Plataforma Morelos-Guerrero está constituida principalmente por rocas sedimentarias de origen marino, depositadas en aguas someras con algunas facies de cuenca. Estas rocas afloran al sur del estado, en el área de Ixtapan de la Sal, su superficie representa aproximadamente el 2% del total de la entidad. En el 18% del área estatal se presentan rocas intrusivas y sedimentarias de origen continental del Mesozoico y Cenozoico.

El territorio del municipio de Temoaya, Estado de México, se ubica en la vertiente occidental de la Sierra de Las Cruces y parte de la planicie aluvial del Río Lerma. La geología de la Sierra de Las Cruces ha sido estudiada por Ordoñez (1895), Fries (1960), Schlaepfer (1968), Mooser *et al,* (1974), Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera (1989), De Cserna*,* (1974), Mora Álvarez *et al*. (1991), Delgado y Martin del Pozzo (1992), Osete *et al. (*2000), García-Palomo *et al.* (2008).
La Sierra de Las Cruces es una cadena montañosa con grandes desniveles e influencia de la tectónica y alineación de volcanes N-S y E-W; estas direcciones siguen también los escarpes erosivos (montañosos). Constituye la margen oriental de cuenca de Toluca, separándola de la cuenca de México, conformada por ocho estratovolcanes: Zempoala, La Corona, San Miguel, Salazar, Chimalpa, Iturbide, La Bufa y La Catedral, y otros de menor dimensión como es el volcán Ajusco. Dicha sierra es producto de la tectónica y alineación de volcanes N-S y E-W, así como de procesos de origen exógeno, principalmente fluviales que han modificado su morfología. La principal actividad volcánica abarca desde el Plioceno tardío hasta el Pleistoceno, se caracteriza por la emisión de derrames de lava, extrusión de domos, emisión de flujos piroclásticos, flujos de detritos y lodos y depósitos de avalancha (García-Palomo *et al*., 2008).
El piedemonte está conformado por depósitos vulcanoclásticos (Mooser *et al*., 1996, lo denominan formación Tarango) caracterizados por flujos de ceniza, flujos piroclásticos de bloques y cenizas y flujos de pómez. La planicie aluvial, conformada por depósitos aluviales lacustres de edad cuaternaria se localiza principalmente en el suroeste de la región. La estructura geológica en el municipio procede de fines del Terciario, periodo en el que se formaron elevaciones como el Xinantecatl o Nevado de Toluca y la Sierra de Monte Alto.
Los elementos geológicos de la serranía muestran algunas particularidades litológicas que se ubican en la transición entre las andesitas, es decir, corresponden al momento en que las rocas más antiguas se transformaron al entrar en contacto con las rocas fundidas arrojadas por los volcanes. El eje de la serranía está formado por una verdadera andesita que da lugar a cráteres variables por la falta de uniformidad, en cambio, las faldas se hallan cubiertas de brechas y de tobas pomosas que datan del Plioceno.
Temoaya, así como el Estado de México en general se localiza dentro de la provincia fisiográfica denominada eje neo-volcánico o también llamado cinturón volcánico transmexicano (Mooser 1969, Venegas 1985). Existen variados nombres y clasificaciones de esta zona, pero todas ellas concuerdan en que su origen es debido a eventos volcánicos.
La génesis de este municipio no es la excepción, sus edades van desde el terciario al cuaternario; las rocas que predominan en este municipio son rocas Ígneas extrusivas, piro-clásticas a las cuales geológicamente se les clasifica como Tobas (T), en ellas se sitúan gran número de comunidades, se ubican predominantemente en la parte norte; otro gran afloramiento de rocas son las Andesitas (A), una de las características más significativa de este tipo de rocas, además de su dureza, es su coloración grisácea.
En esta zona es donde se observa un mayor número de fracturas, las cuales en su mayoría manifiestan una orientación al noroeste.
La cabecera municipal se encuentra asentada sobre Areniscas del Terciario (ar-T), esta roca no es de gran compactación, presenta características favorables para los asentamientos urbanos de dimensiones regulares.
En las partes bajas encontramos suelos aluviales (al), los cuales coinciden con las zonas en riesgo de inundación, en comunidades como Buenavista el Grande, Ejido de la "y", San José Pathe, San Antonio del Puente, Ejido de Dolores, por otro lado, encontramos también afloramientos de Conglomerados y Brechas Volcánicas (cg) en la parte norte.

Tabla IV. 10. Geología del Municipio de Temoaya.

CLASE	TIPO	PORCENTAJE (%)
Ígnea extrusiva	Volcanoclástico	59.01%
Ígnea extrusiva	Andesita	24.58%
Sedimentaria	Brecha sedimentaria	0.18%
Suelo	Aluvial	6.42%
Zona urbana	Localidad	6.88%
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	2.93%
Total		100.00%

Fuente: INEGI, 2010.

Geológicamente, en el Sistema Ambiental Regional se presentan 2 clases de rocas con un completo predominio de las rocas ígneas extrusivas básicas del Cenozoico con 2,231.24hectáreas que equivalen al 99.98%. Finalmente, las rocas ígneas extrusivas de tipo volcanoclástico del Cenozoico cubren el 0.02% restante, es decir 0.51 hectáreas. Esto se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 11. Geología del Sistema Ambiental Regional.

CLAVE	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA	ÁREA (HECTÁREAS)	PORCENTAJE (%)
Ts(Vc)	Ígnea extrusiva	Volcanoclástico	Cenozoico	Neógeno	0.51	0.02%
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Neógeno	2231.24	99.98%
TOTAL					**2231.75**	**100.00%**

Fuente: INEGI, 2010.

En lo que se refiere al Área de Influencia del trazo del proyecto se presenta únicamente una clase de rocas, esto es, las rocas ígneas extrusivas básicas del Cenozoico que prevalecen en el Sistema Ambiental Regional. Esto se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 12. Geología del Área de Influencia.

CLAVE	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA	ÁREA (HECTÁREAS)	PORCENTAJE (%)
Ts(Igei)	Ígnea extrusiva	Ígnea extrusiva básica	Cenozoico	Neógeno	440.84	100.00%
Total					**440.84**	**100.00%**

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Rocas Volcánicas o ígneas extrusivas

Las rocas Volcánicas o Piroclásticas también conocidas como rocas Igneas extrusivas son producto de la cristalización de los materiales expulsados por los volcanes. Las propiedades ingenieriles de las rocas volcánicas dependen del grado de solidificación y de acuerdo con ésta presentan una variedad de resistencias y permeabilidades. El principal problema de las rocas volcánicas es su fácil desintegración al secarse y humedecerse y la presencia de arcillas activas como la Montmorillonita como subproducto del proceso de meteorización. Las principales rocas volcánicas son la riolita, la andesita y el basalto y las tobas. La microestructura es muy variada de acuerdo con su proceso de formación.

La acidez es una de las características de las rocas ígneas que más afecta su comportamiento, especialmente por su efecto sobre la meteorización. Las rocas ígneas ácidas son aquellas que poseen un alto contenido de cuarzo y las básicas son las que contienen poco o ningún cuarzo, este se meteoriza con mayor dificultad que los Feldespatos y forma suelos más granulares. El contenido de cuarzo se reconoce como acidez.

Riolita

La Riolita es el componente exclusivo de grano fino, del magma granítico que escapó de la superficie a través de una erupción volcánica y presenta algunas características similares a un granito. La roca líquida pudo haber emergido formando una masa de Riolita que se enfrió y solidificó. Muestra un bandeamiento formado por el flujo viscoso de la lava durante la destrucción. Los megacristales de cuarzo o feldespatos le dan a las Riolitas diferencias de carácter y comportamiento.

Volcanoclásticos

Rocas producidas inicialmente por actividad volcánica, generalmente explosiva, seguida de una remoción o retrabajo de material. Los sedimentos, todos de origen volcánico, son transportados y acumulados por procesos muy similares a los Sd y Rs clásticas.

En las siguientes fotografías se pueden observar algunas de ellas.

Fotografía IV. 2. Fotografías de los cortes presentes en el trazo del proyecto y en el SAR.



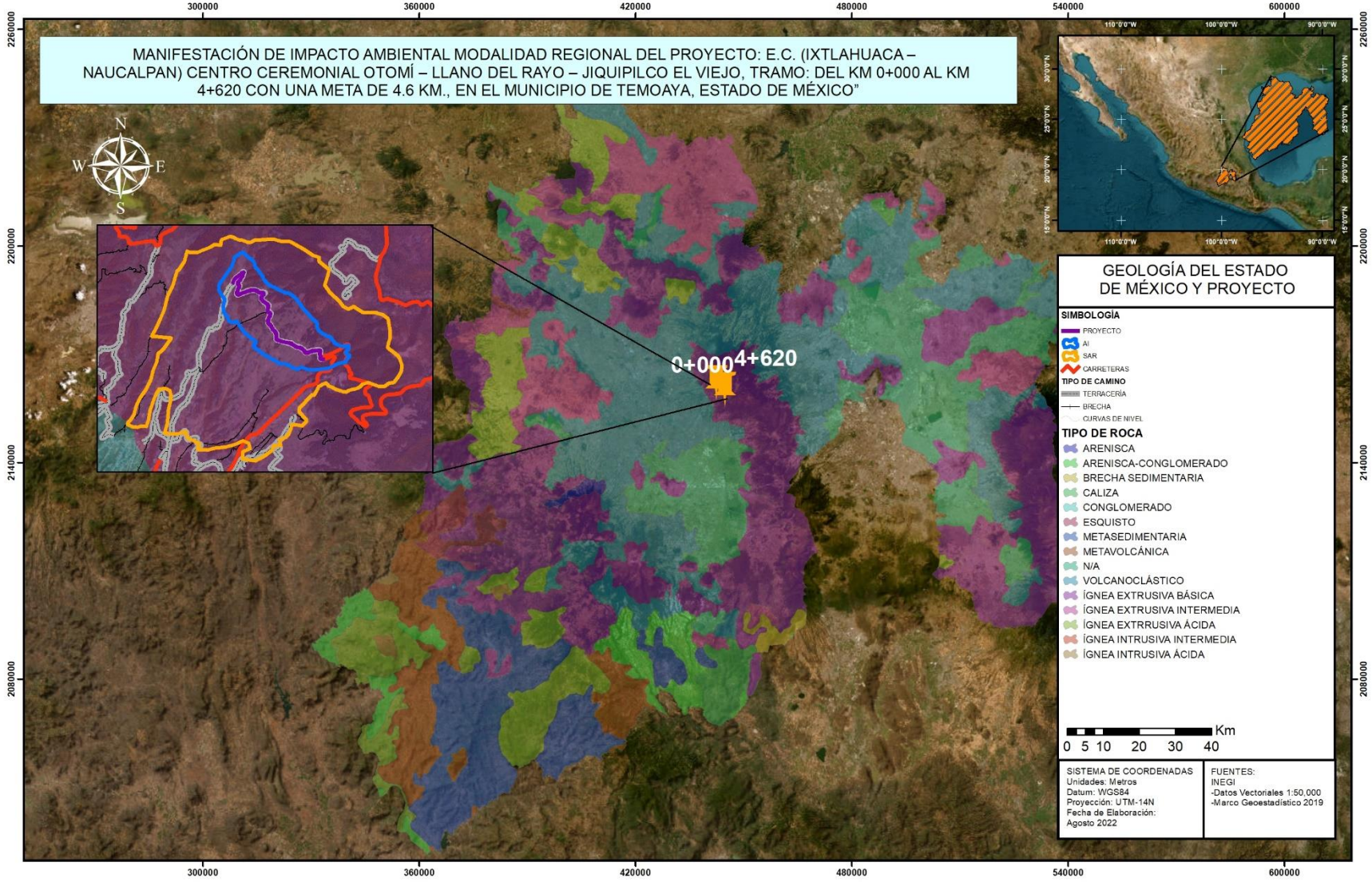




En las fotografías anteriores se puede observar algunas rocas encontradas en el trayercto, así como algunas formaciones rocosas que coinciden con lo analizado a través de SIG. Y que corresponden a rocas ígneas extrusivas.

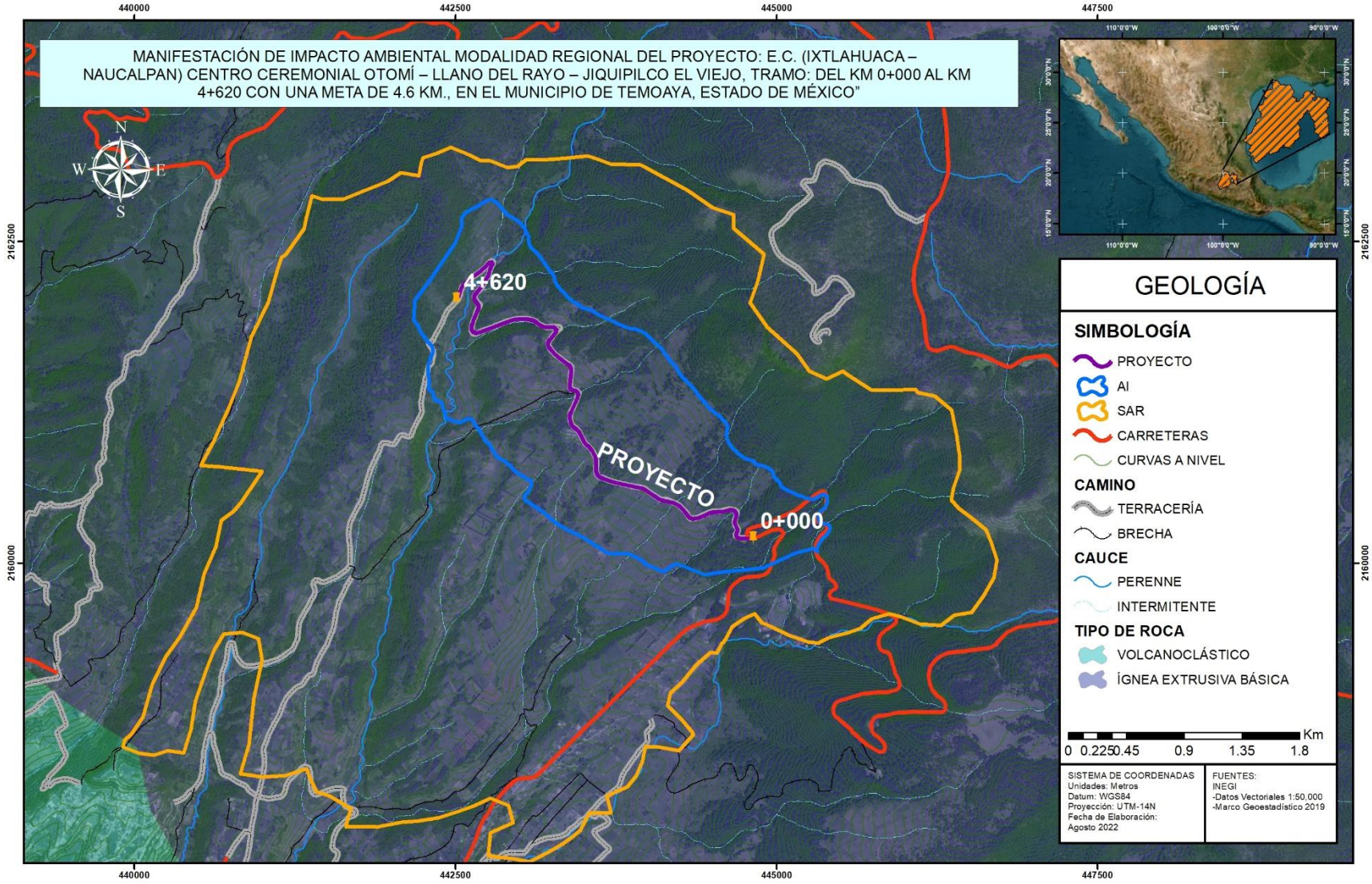
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 18. Geología del Estado de México.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 19. Geología presente en el área del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Geología estructural y tectónica

La geología estructural, estudia la estructura de la corteza terrestre o de una determinada región, así como el reconocimiento de las estructuras tectónicas en un sector (fallas, diaclasas)

En geología, una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura (Bates y Jackson, 1980). Esencialmente, una falla es una discontinuidad que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la Tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas. El movimiento causante de esa dislocación puede tener diversas direcciones: vertical, horizontal o una combinación de ambas. El municipio de Temoaya, Estado de México, presenta un relieve montañoso formado por depósitos vulcanoclásticos poco consolidados, con presencia de fallas, lo que favorece la inestabilidad.

En este sentido es importante realizar un análisis para conocer si existen o no estructuras tectónicas de este tipo dentro del SAR y área del proyecto. El resultado del análisis cartográfico indica que existen dos fracturas dentro del SAR, en la siguiente tabla se muestran estas fracturas.

Tabla IV. 13. Fallas y/o fracturas del área de estudio.

Entidad	Dirección	Des_bloque	Representa	Longitud	Distancia al área del proyecto
Fractura	Noreste-Suroeste	No aplica	Definida	10.11 km	A 190 metros del final del trazo
Fractura	Norte-Sur	No aplica	Definida	5.05 km	En el km 2+700

Fuente: Elaboración propia, datos INEGI Continuo Nacional escala 1:1 000 000 (Fallas y fracturas).

Fractura. Ruptura de la corteza terrestre acompañado o no de un desplazamiento relativo de los bloques rocosos.

Sismicidad

Un sismo es un fenómeno que se produce por un rompimiento repentino de la cubierta rígida del planeta llamada corteza terrestre. Como consecuencia se producen vibraciones que se propagan en todas direcciones y que se perciben como una sacudida o un balanceo con duración e intensidad variables (CENAPRED, 2007). La República Mexicana se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, el Cinturón de Fuego del Pacífico, cuyo nombre se debe al alto grado de sismicidad que resulta de la movilidad de cuatro placas tectónicas: Norteamericana, Cocos, Rivera y del Pacífico (CENAPRED, 2007). La generación de los temblores más importantes en México por su magnitud y frecuencia se debe, básicamente, a dos tipos de movimientos entre placas: de subducción y desplazamiento lateral. El primero se da a lo largo de la porción costera entre Jalisco y Chiapas donde las placas de Rivera y Cocos penetran por debajo de la Norteamericana.

Por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se observa un desplazamiento lateral; a diferencia de la subducción, es visible en la superficie del terreno, esto se verifica en la parte norte de la península de Baja California y a lo largo del Estado de California, en los Estados Unidos de América (CENAPRED, 2007). En el siglo pasado, ocurrieron 71 sismos de gran intensidad los que causaron daños materiales y víctimas. La tercera parte de la población de la República Mexicana vive en zonas de alto y muy alto peligro sísmico, coincidiendo con los Estados de mayor índice de marginación (Guerrero, Oaxaca y Chiapas). La zona con mayor potencial sísmico en el país se localiza en lo largo de la Costa del Estado de Guerrero, donde se estima podría ocurrir uno o dos terremotos de magnitud ocho. La alta densidad poblacional y los estratos geológicos de débil resistencia son las zonas susceptibles de ser impactadas violentamente por los sismos. La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de que tan frecuentes son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones

pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo. El mapa que aparece en la siguiente imagen se generó del Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad (SGM, 2014).

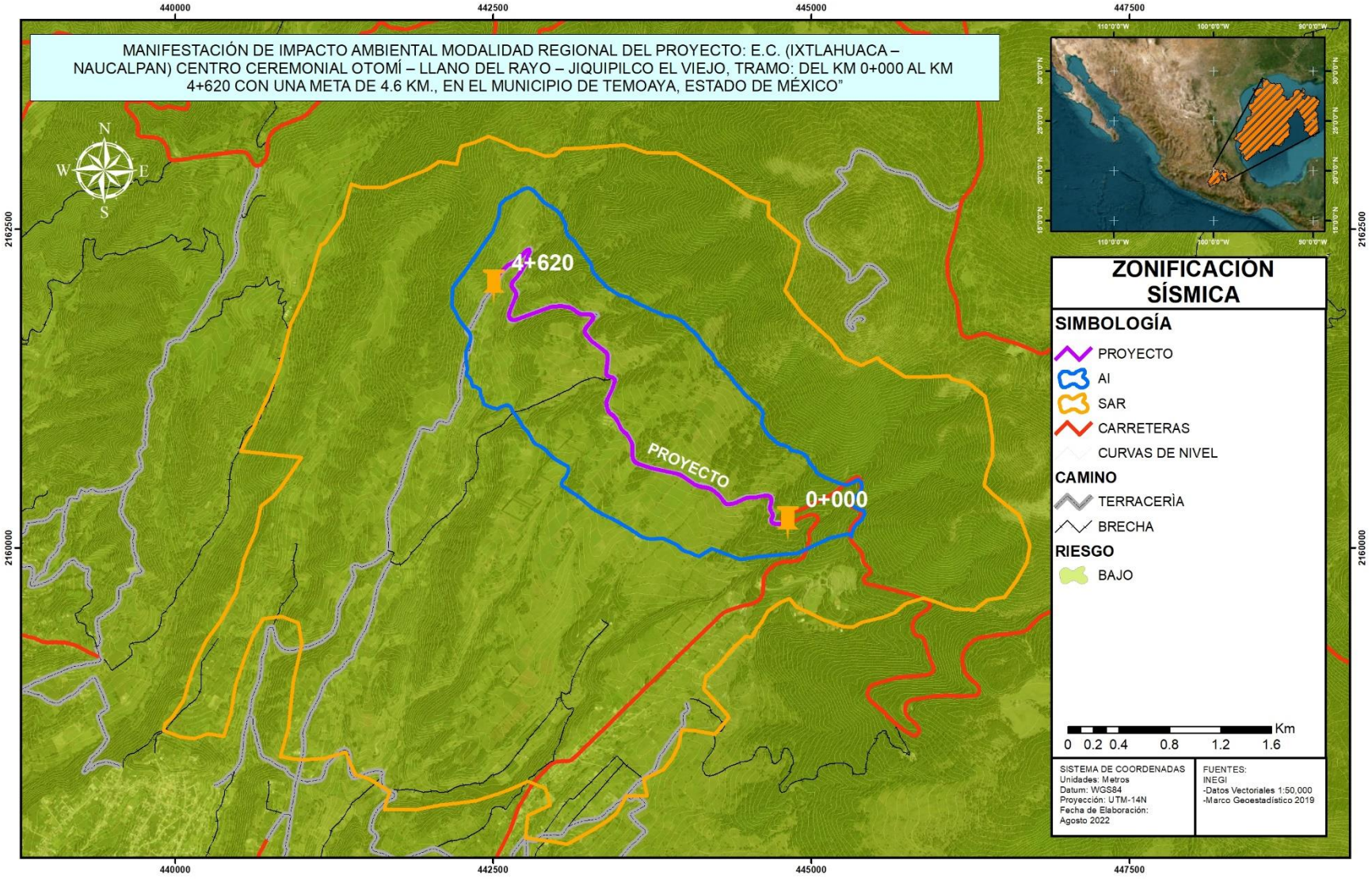
Como se puede observar en la siguiente imagen el trazo del proyecto, así como el SAR se asientan sobre la zona B, es decir se trata de zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

Tabla IV. 14. Regionalización sísmica según su aceleración de roca.

Aceleración máxima en roca, a_0^r (cm/s^2), correspondiente al nivel de referencia ER	Zona	Intensidad sísmica
$a_0^r \geq 200$	D	Muy Alta
$100 \leq a_0^r < 200$	C	Alta
$50 \leq a_0^r < 100$	B	Moderada
$a_0^r < 50$	A	Baja

Fuente: CFE 2015

Imagen IV. 20. Atlas Nacional de Riesgos.



Fuente: INEGI, 2020.

IV.2.4. SUELOS

Los suelos son el producto de la interacción, a través del tiempo, del material geológico, clima, relieve y organismos. El relieve montañoso, la presencia de varios tipos de clima, la altura sobre el nivel del mar y la existencia de lagos desecados, colocan al estado de México en una situación geográfica compleja, lo que da como resultado una gran variedad de condiciones ambientales. Por tanto, los suelos son de origen aluvial, residual y lacustre.

El grado de influencia de algunos de los factores formadores de suelo es de tal magnitud que llegan a condicionar el tipo de suelo y su grado de desarrollo; por ejemplo, sin la presencia de cenizas volcánicas no sería posible el origen y desarrollo de andosoles; o en el caso de los acrisoles y luvisoles, su presencia está determinada básicamente por el clima y el grado de precipitación, principalmente al suroeste del estado; el tipo de relieve también ejerce una influencia decisiva para que se desarrollen suelos como los regosoles y litosoles, los cuales se derivan directamente de la roca que los subyace, y ocupan las laderas y cimas de las sierras, ubicadas fundamentalmente al suroeste y este del estado; o por el contrario, zonas planas sujetas a inundación, donde se encuentran solonchaks o histosoles. Por otra parte, la existencia de rocas calizas en la porción sur da origen a las rendzinas. Además, a todo esto, habría que agregar la interacción de los diferentes procesos pedogenéticos como son: adiciones, pérdidas o remociones, transporte, transferencia, redistribución, transformación, etcétera.

La clase textural dominante es media en la mayoría de los tipos de suelo y la textura fina se restringe a las áreas ocupadas por vertisoles, solonchaks y acrisoles; mientras que la textura gruesa se encuentra en pequeñas áreas aisladas dominadas por regosoles y litosoles.

Desde el punto de vista de su fertilidad, salvo en el centro y norte del estado, así como en la mayor parte de la subprovincia Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo, los suelos están limitados en mayor o menor grado por problemas de acidez (acrisoles, regosoles dístricos, luvisoles, etc.), salinidad (solonchaks) y retención de fósforo (andosoles). Es importante mencionar que la vocación natural de los suelos dominantes es sustentar bosques de pino-encino, característicos de esta región.

Las limitantes químicas por salinidad y sodicidad, se encuentran en los lechos de antiguos vasos lacustres, mientras que las limitantes físicas más severas son la fase lítica (estrato rocoso a menos de 50 cm de profundidad), dúrica profunda (capa cementada de suelo conocida comúnmente como tepetate, la cual está entre 50 y 90 cm de profundidad), las fases gravosa y pedregosa (presencia de fragmentos de roca menores a 7.5 cm y mayores de 7.5 cm, respectivamente), ya sea en la superficie del suelo o dentro de los primeros 30 cm de profundidad. Sin embargo, existen áreas en que los suelos son profundosy sin limitante alguna, ubicados principalmente al norte y centro de la entidad, pero de poca extensión comparados con los que presentan limitantes físicas.

La infiltración depende básicamente del tipo de partículas que componen el suelo, entre las que destacan el limo y la arcilla; por lo que en primer lugar el grado de infiltración es moderado; en segundo lugar, existe una infiltración baja en suelos con un predominio de arcillas (vertisoles); y, en tercer lugar, una infiltración alta en los de textura arenosa (regosoles y fluvisoles).

En el municipio de Temoaya predominan nueve tipos de suelo;

Los **Vertisoles** son de color oscuro y textura fina, con un porcentaje de 30% o más de arcilla, son suelos de alta productividad (Sotelo *et al*., 2008).

Los **Luvisoles** son de color rojizo y su contenido de arcillas es alto. Ambos tipos se encuentran distribuidos en la porción sur del municipio. Los Feozem son de color oscuro, con alto contenido de materia orgánica, se ubican en la porción suroeste, principalmente en barrancos y sistemas montañosos.

Los **Planosoles** están formados por depósitos aluviales, en morfologías planas o en laderas de ligera inclinación.

Los Andosoles son de origen volcánico, de color oscuro y textura media, susceptibles a la erosión, se distribuyen en la porción oriental del municipio.

Los **Cambisoles** presentan una capa superficial de color oscuro mayor de 25 cm de espesor, con alto contenido de materia orgánica, pero pobre en bases o nutrientes (Ca, Mg, k, Na) y son muy susceptibles a la erosión sin estar desprovistos de vegetación (FAO, 2006); se identifican en el área de estudio particularmente dos tipos, el eútrico y el crómico, éstos se encuentran en algunas laderas de barrancos.

Los **Fluvisoles** se caracterizan por ser suelos jóvenes que se desarrollan en depósitos aluviales, y en menor escala en depósitos lacustres; en el municipio este tipo de suelo solo ocupa una mínima porción en el extremo noroeste, cerca de la presa "Antonio Alzate".
Los **Litosoles** son suelos que se encuentra en todos los tipos de rocas y climas, son suelos poco profundos, de no más de 10 cm, son fáciles de ser erosionados, generalmente son arenosos, aunque pueden tener una textura arcillosa; se encuentran localizados al sur de la cabecera municipal.

En el Sistema Ambiental Regional prevalecen los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda cubren un total de 1,366.57 hectáreas que equivalen al 61.23% del SAR, estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico en altitudes que oscilan entre los 2,910 msnm y los 3,690 msnm, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), factores abióticos que permitieron el desarrollo de la vegetación de bosque de coníferas que, actualmente presentan un alto cambio de uso de suelo a causa de la introducción de zonas agropecuarias. En segundo lugar, los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media con 728.6 hectáreas que son equivalentes al 32.65% del SAR; estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico en altitudes que oscilan entre los 2,890 msnm y los 3,360 msnm, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), factores abióticos sobre los que se presentan únicamente zonas agropecuarias. El resto de las asociaciones de suelos abarcan un poco más del 6%. En otras palabras, los andosoles son los suelos que dominan el paisaje del SAR. Los tipos de suelo junto con sus superficies y porcentajes que se encuentran dentro del Sistema Ambiental se pueden verificar en la siguiente tabla e imagen:

Tabla IV. 15. Edafología presente en el Sistema Ambiental Regional.

Clave	Suelo 1	Subsuelo 1	Suelo 2	Subsuelo 2	Suelo 3	Subsuelo 3	Textura	Fase física	Área (has)	Porcentaje (%)
H2O	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	6.92	0.31%
Th+To/2	Andosol	humico	Andosol	Acrico	Ninguno	Ninguno	Media	Ninguno	0.07	0.00%
Th+To/2/LP	Andosol	humico	Andosol	Acrico	Ninguno	Ninguno	Media	Letica Profunda	1366.57	61.23%
Th+To+Bc/2	Andosol	humico	Andosol	Acrico	Cambisol	cromico	Media	Ninguno	728.6	32.65%
To+Be/2	Andosol	Acrico	Cambisol	eutrico	Ninguno	Ninguno	Media	Ninguno	129.59	5.81%
Total									2231.75	100.00%

Fuente: IUSS Grupo de Trabajo WRB., 2007.

En lo que se refiere al Área de Influencia del trazo del proyecto, se presenta caso similar al SAR con un dominio de los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda cubren un total de 259.00 hectáreas que equivalen al 58.75% del SAR, estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), que permitieron el desarrollo de la vegetación de bosque de coníferas que, actualmente presentan un alto cambio de uso de suelo a causa de la introducción de zonas agropecuarias. En segundo lugar, los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media con 181.84 hectáreas que son equivalentes al 41.25% del SAR; estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), factores abióticos sobre los que se presentan únicamente zonas agropecuarias. Estos datos se pueden corroborar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 16 Edafologia presente en el Área de Influencias del proyecto

Clave	Suelo 1	Subsuelo 1	Suelo 2	Subsuelo 2	Suelo 3	Subsuelo 3	Textura	Fase física	Área (has)	Porcentaje (%)
Th+To/2/LP	Andosol	humico	Andosol	Acrico	Ninguno	Ninguno	Media	Letica Profunda	181.84	41.25%
Th+To+Bc/2	Andosol	humico	Andosol	Acrico	Cambisol	cromico	Media	Ninguno	259.00	58.75%
Total									**440.84**	**100.00%**

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

CLAVE PARA LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA (GSR).

La Clave para los GSR en la WRB deriva de la Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo. La historia detrás de la Clave para la Unidades Principales de Suelos del Mapa de Suelos del Mundo revela que está basada principalmente en la funcionalidad; la Clave fue concebida para derivar la clasificación correcta lo más eficientemente posible. La secuencia de Unidades. Principales de Suelos era tal que el concepto central de los principales suelos aparecía casi automáticamente especificando brevemente un número limitado de horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico.

La siguiente tabla proporciona una apreciación general y lógica para la secuencia de GSR en la Clave de la WRB. Los GSR se asignan a conjuntos sobre la base de *identificadores dominantes*, es decir los factores o procesos formadores de suelos que más claramente condicionan la formación del suelo. La secuencia miento de los grupos se hace de acuerdo con los siguientes principios:

1. Primero salen de la clave los suelos orgánicos para separarlos de los suelos inorgánicos (*Histosoles*).
2. La segunda diferencia principal en la WRB es reconocer la *actividad humana* como un factor formador de suelos, de ahí la posición de los *Antrosoles* y *Tecnosoles* después de los *Histosoles*, también parece lógico que sigan los recientemente introducidos Tecnosoles cerca del principio de la Clave, por las siguientes razones:
   - se puede separar suelos que no deberían tocarse (suelos tóxicos que deberían ser manipulados por expertos);
   - se obtiene un grupo homogéneo de suelos en *materiales extraños*;
   - los políticos y tomadores de decisiones que consulten la Clave van a encontrar inmediatamente estos suelos problemáticos.
3. Luego siguen los suelos con limitación severa para enraizamiento (*Criosoles* y *Leptosoles*).
4. Luego sigue un conjunto de GSR que están o han estado fuertemente influenciados por agua: *Vertisoles*, *Fluvisoles*, *Solonetz*, *Solonchaks* y *Gleysoles*.
5. El conjunto siguiente de suelos agrupa los GSR en los cuales la química del hierro (Fe) y/o aluminio (Al) juega un rol principal en su formación: *Andosoles*, *Podzoles*, *Plintosoles*, *Nitisoles* y *Ferralsoles*.
6. Luego sigue un conjunto de suelos con agua "colgada": *Planosoles* y *Stagnosoles*.
7. El agrupamiento siguiente comprende suelos que ocurren principalmente en regiones de estepa y tienen un suelo superficial rico en humus y alta saturación con bases: *Chernozems*, *Kastanozems* y *Phaeozems*.
8. El conjunto siguiente comprende suelos de regiones secas con acumulación de yeso (*Gipsisoles*), sílice (*Durisoles*) o carbonato de calcio (*Calcisoles*).
9. Luego sigue un conjunto de suelos con un subsuelo rico en arcilla: *Albeluvisoles*, *Alisoles*, *Acrisoles*, *Luvisoles* y *Lixisoles*.
10. Finalmente se agrupan suelos relativamente jóvenes con muy poco o ningún desarrollo de perfil, o arenas muy homogéneas: *Umbrisoles*, *Arenosoles*, *Cambisoles* y *Regosoles*.

Tabla IV. 17. Clave Racionalizada para los Grupos de Suelos de Referencia de la WRB.

1. Suelos con gruesas capas orgánicas:	Histosoles
2. Suelos con fuerte influencia humana	
Suelos con uso agrícola prolongado e intensivo:	Antrosoles
Suelos que contienen muchos artefactos:	Tecnosoles
3. Suelos con enraizamiento limitado debido a permafrost o rocosidad somera	
Suelos afectados por hielo:	Criosoles
Suelos someros o extremadamente gravillosos:	Leptosoles
4. Suelos influenciados por agua	
Condiciones alternadas de saturación-sequía, ricos en arcillas expandibles:	Vertisoles
Planicies de inundación, marismas costeras:	Fluvisoles
Suelos alcalinos:	Solonetz
Enriquecimiento en sales por evaporación:	Solonchaks
Suelos afectados por agua subterránea:	Gleysoles
5. Suelos regulados por la química de Fe/Al	
Alofano o complejos Al-humus:	Andosoles
Queluviación y quiluviación:	Podzoles

Acumulación de Fe bajo condiciones hidromórficas:	Plintosoles
Arcilla de baja actividad, fijación de P, fuertemente estructurado:	Nitisoles
Dominancia de caolinita y sesquióxidos:	Ferralsoles
6. Suelos con agua estancada	
Discontinuidad textural abrupta:	Planosoles
Discontinuidad estructural o moderadamente textural:	Stagnosoles
7. Acumulación de materia orgánica, alta saturación con bases	
Típicamente mólico:	Chernozems
Transición a clima más seco:	Kastanozems
Transición a clima más húmedo:	Phaeozems
8. Acumulación de sales menos solubles o sustancias no salinas	
Yeso:	Gipsisoles
Sílice:	Durisoles
Carbonato de calcio:	Calcisoles
9. Suelos con subsuelo enriquecido en arcilla	
Lenguas albelúvicas:	Albeluvisols
Baja saturación con bases, arcillas de alta actividad:	Alisoles
Baja saturación con bases, arcillas de baja actividad:	Acrisols
Alta saturación con bases, arcilla de alta actividad:	Luvisols
Alta saturación con bases, arcilla de baja actividad:	Lixisoles
10. Suelos relativamente jóvenes o suelos con poco o ningún desarrollo de perfil	
Con suelo superficial oscuro acídico:	Umbrisols
Suelos arenosos:	Arenosols
Suelos moderadamente desarrollados:	Cambisoles
Suelos sin desarrollo significativo de perfil:	Regosoles

Fuente: IUSS Grupo de Trabajo WRB., 2007.

EL NIVEL DE CALIFICADOR.

En la WRB se distingue entre calificadores típicamente asociados, intergrados y otros calificadores. Los calificadores **típicamente asociados** se refieren en la Clave al GSR particular, por ejemplo, Hidrágrico o Plágico para los Antrosoles. Los calificadores **intergrados** son aquellos que reflejan criterios de diagnóstico importantes de otro GSR. La Clave de la WRB dicta la elección del GSR y en ese caso, el calificador intergrado proporciona el puente hacia otro GSR. Otros calificadores son aquellos que no están típicamente asociados y no transicionan hacia otro GSR. Este grupo refleja características tales como color, saturación con bases, y otras propiedades físicas y químicas siempre que no sean utilizadas como un calificador típicamente asociado a ese grupo particular.

Principios y uso de calificadores en la WRB Se usa un sistema de dos rangos para el nivel de calificadores, que comprende:

- **Calificadores grupo I:** *calificadores típicamente asociados* y *calificadores intergrados*; la secuencia de los calificadores intergrados sigue la de los GSR en la Clave de la WRB, con la excepción de los Arenosoles; este intergrado se ordena con los calificadores grupo II texturales (ver más abajo). Háplico cierra la lista de calificadores grupo I, indicando que no aplican calificadores típicamente asociados ni intergrados.

- **Calificadores grupo II**: *otros calificadores*, ordenados como sigue: (1) calificadores relacionados con horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico; (2) calificadores relacionados con características químicas; (3) calificadores relacionados con características físicas; (4) calificadores relacionados con características mineralógicas; (5) calificadores relacionados con características superficiales; (6) calificadores relacionados con características texturales, incluyendo fragmentos gruesos; (7) calificadores relacionados con color; y (8) calificadores restantes.

En lo que se refiere al trazo del proyecto se presentan una alternancia entre los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda y los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media.

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE SUELO EN EL TRAZO DEL PROYECTO.

Th+To/2/LP
Grupo I (Th)

Andosol húmico

Los Andosoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo. Los Andosoles ocurren en regiones volcánicas en todo el mundo. Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Los Andosoles generalmente son suelos, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Aluminio y hierro libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada. Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los Andosoles fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Los Andosoles se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, batata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas. Los Andosoles en pendientes pronunciadas tal vez se mantienen mejor bajo bosque. El arroz inundado es el uso de la tierra principal de los Andosoles en tierras bajas con agua freática somera.

Húmico (hu): que tiene el siguiente contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado.

Grupo II (To)

Andosol ácrico

Ácrico (ac): que tiene un horizonte árgico con una CIC (por NH4OAc 1 M) menor de 24 cmolc kg-1 arcilla en alguna parte hasta una profundidad máxima de 50 cm debajo de su límite superior, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de los 200 cm de la superficie del suelo si el horizonte árgico tiene por encima textura arenoso franca o más gruesa en todo su espesor, y con una saturación con bases (por NH4OAc 1 M) menor de 50 por ciento en la mayor parte entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

Clase textural media. Comúnmente llamados francos, equilibrados en el contenido de arena, arcilla y limo.

Th+To+Bc/2
Grupo I (Th)
Grupo II (To)
Grupo III (Bc)

Cambisol crómico

Estos suelos son jóvenes y poco desarrollados presentan un horizonte A ócrico o úmbrico y un horizonte B cámbico (el horizonte A úmbrico debe ser mayor de 25 cm de espesor si carece del horizonte B cámbico), o la presencia de un duripán o fragipán. En gran medida la formación de estos suelos se debe al clima, pues son característicos de zonas de transición climática.

Crómico (cr): que tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, que tiene un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un hue de 7.5 YR y un croma, húmedo, de más de 4.

En las siguientes fotografías se pueden observar distintos cortes presentes a lo largo del trazo del camino, en ellos se aprecia el tipo de suelo andosol que predomina en el SAR. Sobre estos suelos está creciendo la zona agropecuaria de Temoaya en lo que antes se encontraban grandes extensiones de bosques principalmente.

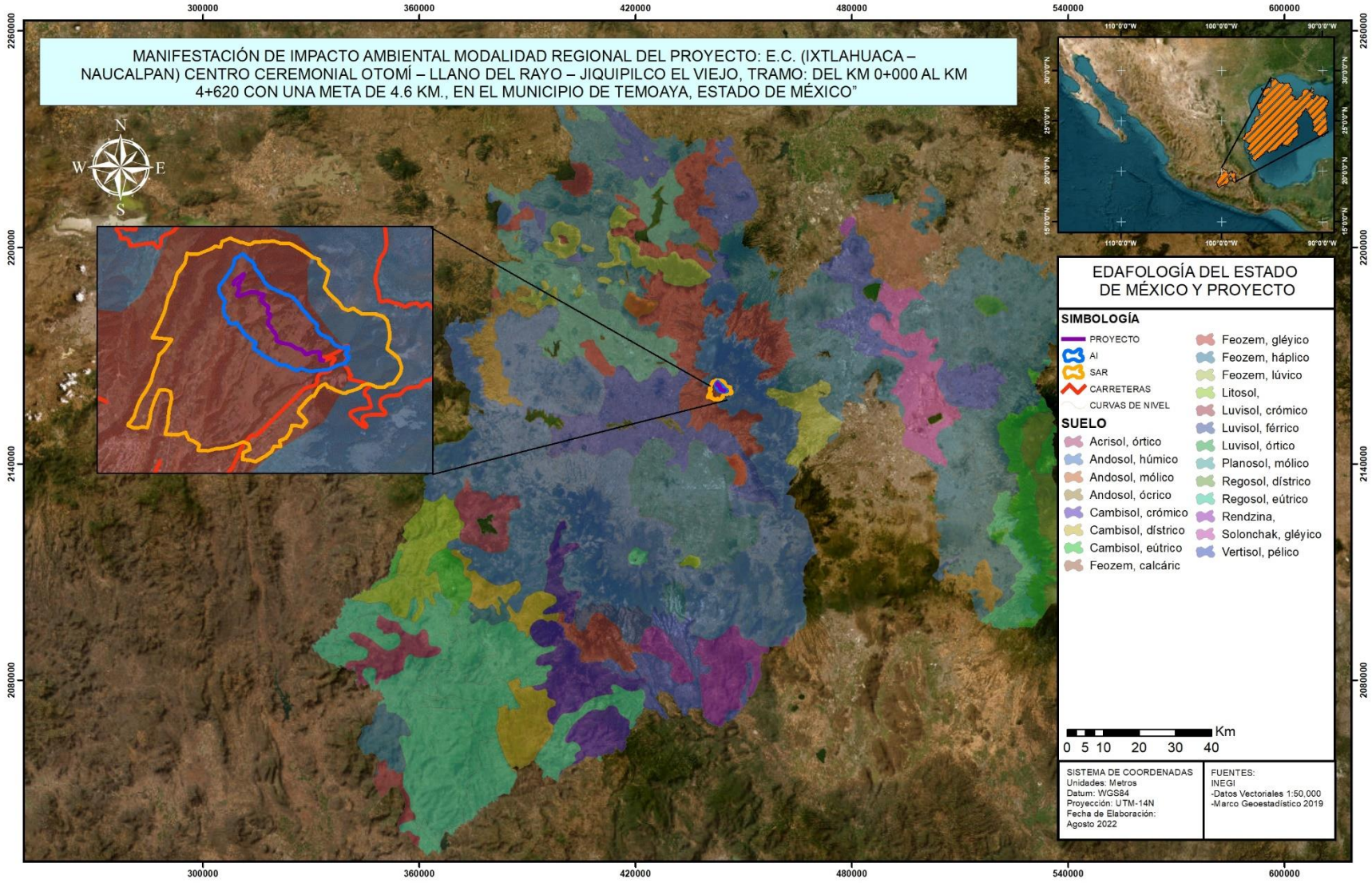
Fotografía IV. 3 Fotografías de los suelos presentes en el proyecto.



En los cortes transversales capturados en las fotografías podemos ver los horizontes de suelos que se encuentran en el trazo del proyecto, como se puede observar son suelos arcillosos, así mismo afectados por la compactación.

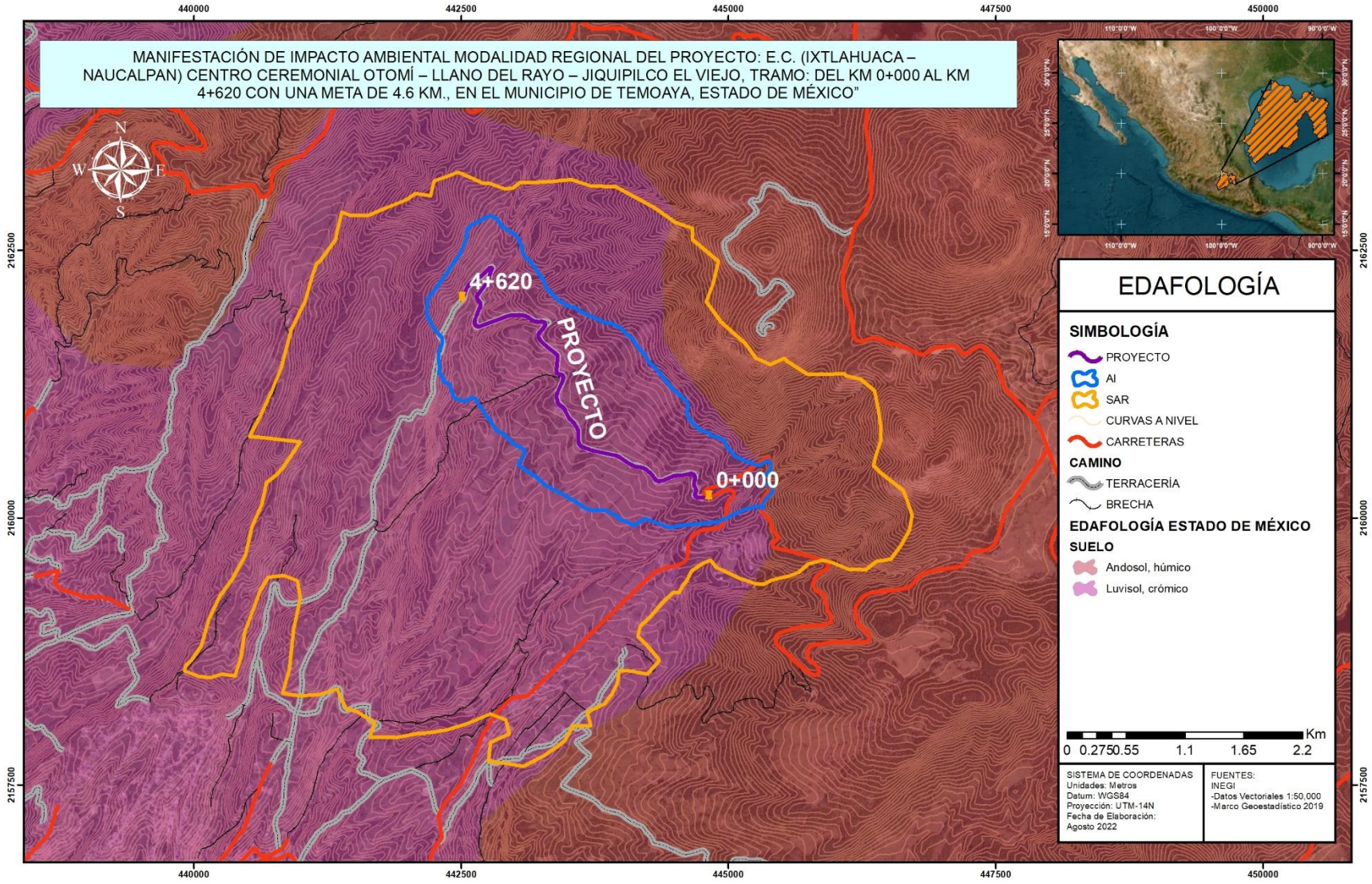
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 21. Edafología del Estado de México.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 22. Edafología del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

IV.2.5. AGUA

El país está dividido en 37 regiones hidrológicas, tomando como base la orografía y la hidrografía. Una región hidrológica es un área que posee un relieve y escurrimiento superficial presenta características similares en su drenaje.

El estado de México es uno de los más importantes en la República Mexicana por su alta concentración poblacional, industrial y por las actividades agrícolas que en él se desarrollan; todo lo anterior se sustenta en el uso del agua, por lo que cada vez más, se tiene la necesidad de gastar mayores volúmenes, aumentando costos en el suministro del recurso.

Los escurrimientos superficiales en el estado son aprovechados mediante presas y bordos de diversos tamaños, empleadas para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego, abrevadero, actividades recreativas, piscicultura y para uso doméstico. En la porción central y nornoreste de la entidad se encuentra la mayor concentración de habitantes, lo que ha ocasionado perturbación en las corrientes superficiales, sirviendo como drenes captadores de aguas residuales de los centros urbanos; por esto, el agua subterránea es de suma importancia para el desarrollo de las actividades humanas y económicas de laentidad.

El valle de México es una de las áreas con mayor deterioro ecológico en el país, además presenta una degradación del recurso hídrico subterráneo por infiltración de aguas superficiales contaminadas; entre estas últimas, que son las más contaminadas del país, está el río Lerma, cuyo origen se localiza en el estado de México.

La deficiente recarga y la sobreexplotación de los acuíferos en las zonas urbanas del estado están provocando el abatimiento de estos. Los mantos freáticos han sido aprovechados desde hace varias décadas para surtir de agua potable a la Ciudad de México y zona conurbada, que actualmente tiene más de 18 millones de habitantes, y con consume por día 57 a 63 m3/seg de agua; en el estado existe un déficit de 241.76 millones de metros cúbicos (Mm3) por año, con un gasto anual de 1 051.86 Mm^3 del vital líquido.

Las principales corrientes superficiales que conforman al estado de México son de carácter perenne, distribuyéndose al sursuroeste, centro y nornoreste; algunas son de corto recorrido, y otras, que provienen de la porción central, sur y norte del estado, son de mayor longitud y con pendiente moderada, propicia para que los escurrimientos continúen su recorrido hasta desembocar en el Océano Pacífico y Golfo de México. En general, presentan un patrón de drenaje dendrítico y en algunos casos de tipo radial.

Región Hidrológica 12, Lerma-Santiago (RH-12)

La RH-12 Lerma-Santiago se ubica al centro y occidente de la República Mexicana, colinda al norte con la RH-11 y la RH-36, al este con la RH-37 y la RH-26, al sur con la RH-18 y la RH-16, y al oeste con la RH-14 y la RH-13. Es drenada por una serie de corrientes perennes y subcolectores intermitentes que presentan un patrón de drenaje dendrítico, y en algunos aparatos volcánicos la red hid rica es radial; su dirección de escurrimiento es de sureste a noroeste.

El río Lerma constituye uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país, recorre un total de 1 180 km desde su origen en una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, sin incluir el paso por las aguas del lago de Chapala. De esta extensión, 60% corresponde al río Lerma y 40% al río Santiago. Dentro del estado de México se ubica parte de la cuenca (A), Río Lerma-Toluca.

Cuenca (A) Río Lerma-Toluca

La cuenca Río Lerma-Toluca se localiza al centro-noroeste de la entidad, abarcando 23.90% de la superficie estatal. Colinda al norte y al este con la cuenca (D) de la RH-26, al sur con la cuenca (F) de la RH-18, y al oeste con la cuenca (G) de la RH-18. En el estado la integran las subcuencas: a, R. Almoloya- Otzolotepec; b, R. Otzolotepec-Atlacomulco; c, Atlacomuleo-Paso de Ovejas; f, A. Cauchi; g, R. Tlalpujahua; h, R. Jaltepec; i, R. Gavia; j, R. Tejalpa; k, R. Verdiguel; I, R. Otzolotepec y m, R. Sila.

El río Lerma representa una de las corrientes superficiales más importantes de esta cuenca; puede decirse que tiene su origen en los manantiales que alimentaban una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río; esta laguna fue una de las más altas de un conjunto de tres, que en escalones sucesivos, descendían hacia el norte para encausar sus aguas al río Lerma; las otras dos lagunas eran la de Lerma y la de San Bartolo, constituyendo las tres, una zona lacustre en avanzado proceso de senectud natural.

Los afluentes del río Lerma son: por la margen derecha el arroyo Sila-San Bartolo, río Temoaya y arroyo Muerto-Ocoyoacac, y por la margen izquierda el río San Pablo, río Verdiguel, arroyo Agua Bendita y arroyo Las Cruces. El drenaje es de tipo

dendrítico subparalelo, conformado por corrientes de tipo intermitente y perenne; durante el período de lluvias algunas actúan como colectores y otras se convierten en vertederos como el río Verdiguel, donde desaguan desechos domésticos e industriales. El cauce del río Lerma se interrumpe por la presa José Antonio Alzate, marcando el límite entre el curso alto y medio de la cuenca.

El Área de Influencia del trazo del proyecto pertenecen a la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago, a la Cuenca R. Lerma-Toluca y a la Subcuenca Toluca.
Además, dentro del SAR se presentan las siguientes corrientes de agua de importancia: Arroyo Campanario (cauce intermitente), Arroyo Nepeni (cauce intermitente), Arroyo Tres Hojuelos (cauce permanente), Río Agua Blanca y Río Los Ajolotes, ambos cauces permanentes, que algunos de ellos sirven de delimitación del SAR.

En cuanto a las corrientes perennes e intermitentes en la zona de estudio, de acuerdo con el SIATL el camino del presente proyecto atraviesa un cauce de tipo perenne y cinco cauces de agua de tipo intermitentes.

Tabla IV. 18 Obras de drenaje existentes del proyecto.

Punto de intersección	Universal Transversal de Mercator (Metros)	
	X	Y
1	442693.429	2162139.091
2	442764.389	2162289.881
3	443287.721	2161802.029
4	443447.382	2161314.177
5	444192.465	2160453.783
6	444680.318	2160382.823

Fuente: SIATL, 2022.

En seguida se muestran las imágenes y fotografías durante la visita de campo de la obra de drenaje existente a lo largo del trazo del proyecto:

Fotografía IV. 4. Fotografías de las obras de drenaje existentes en el trazo del proyecto.



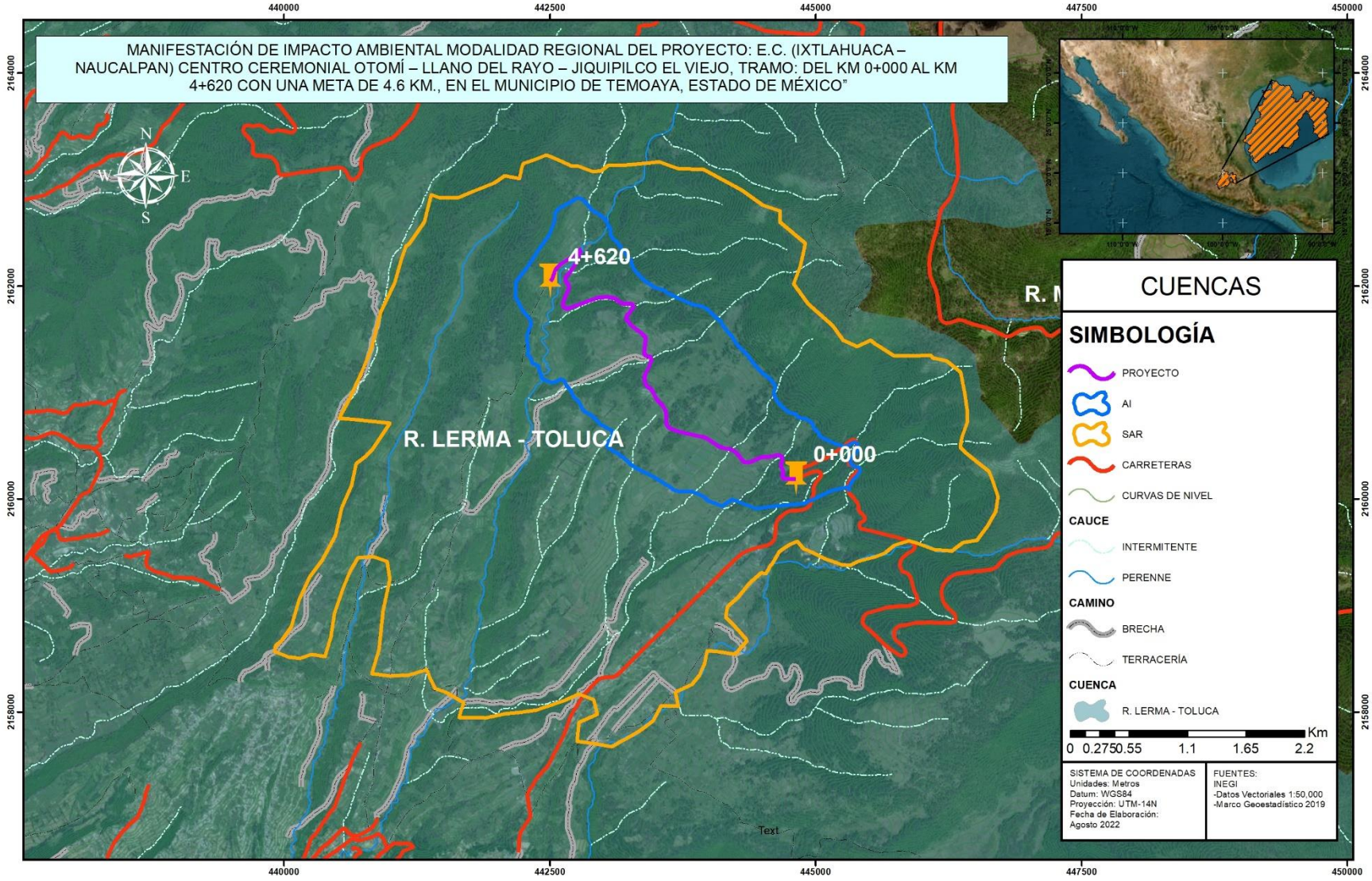




En las fotografías se puede observar un punto de drenaje sobre el trazo del proyecto, dicho cauce se encuentra en el punto 442693.4286, 2162139.091 y corresponde al cauce perenne 01.

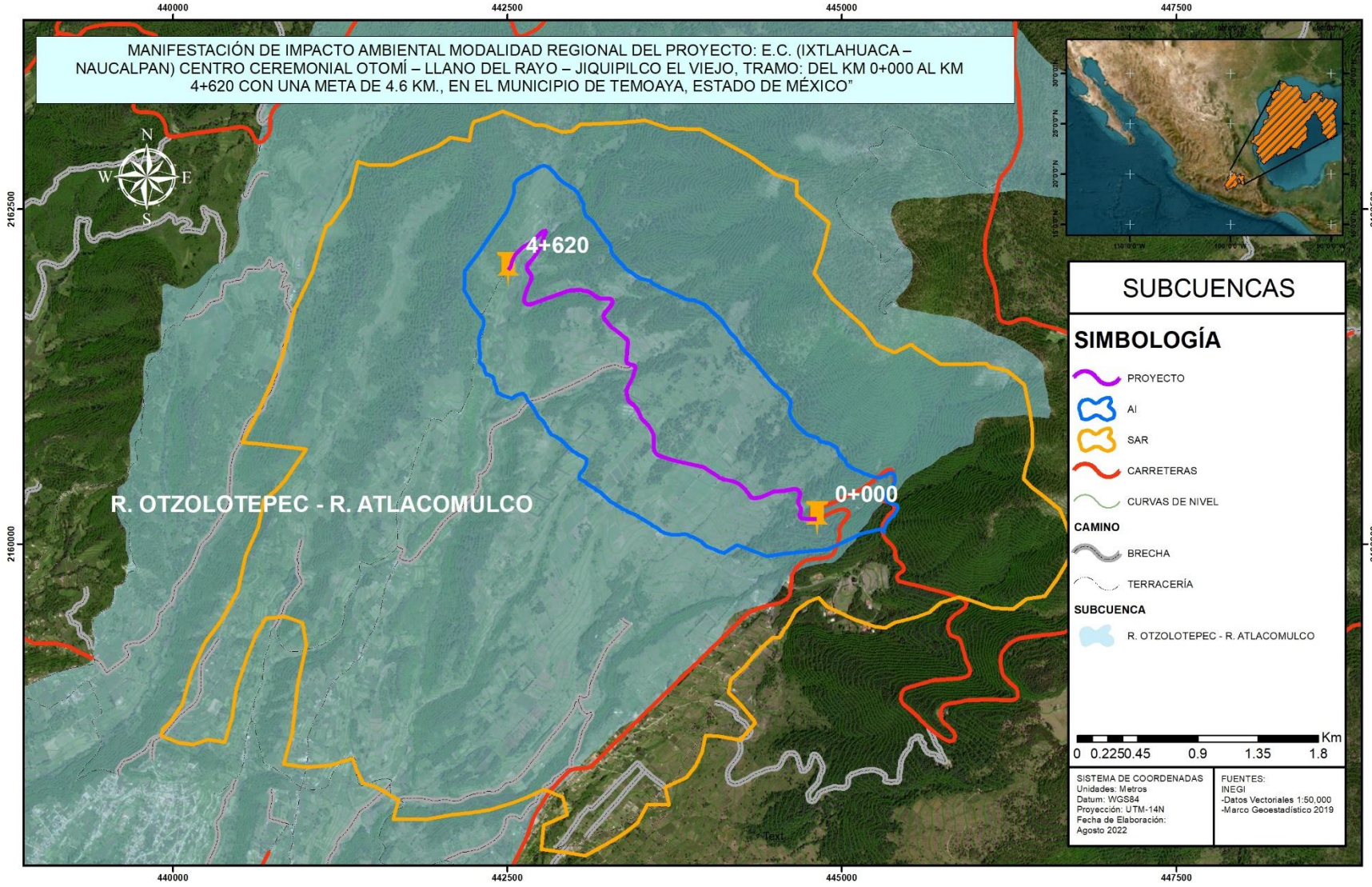
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 23. Cuencas Hidrológicas del Proyecto.



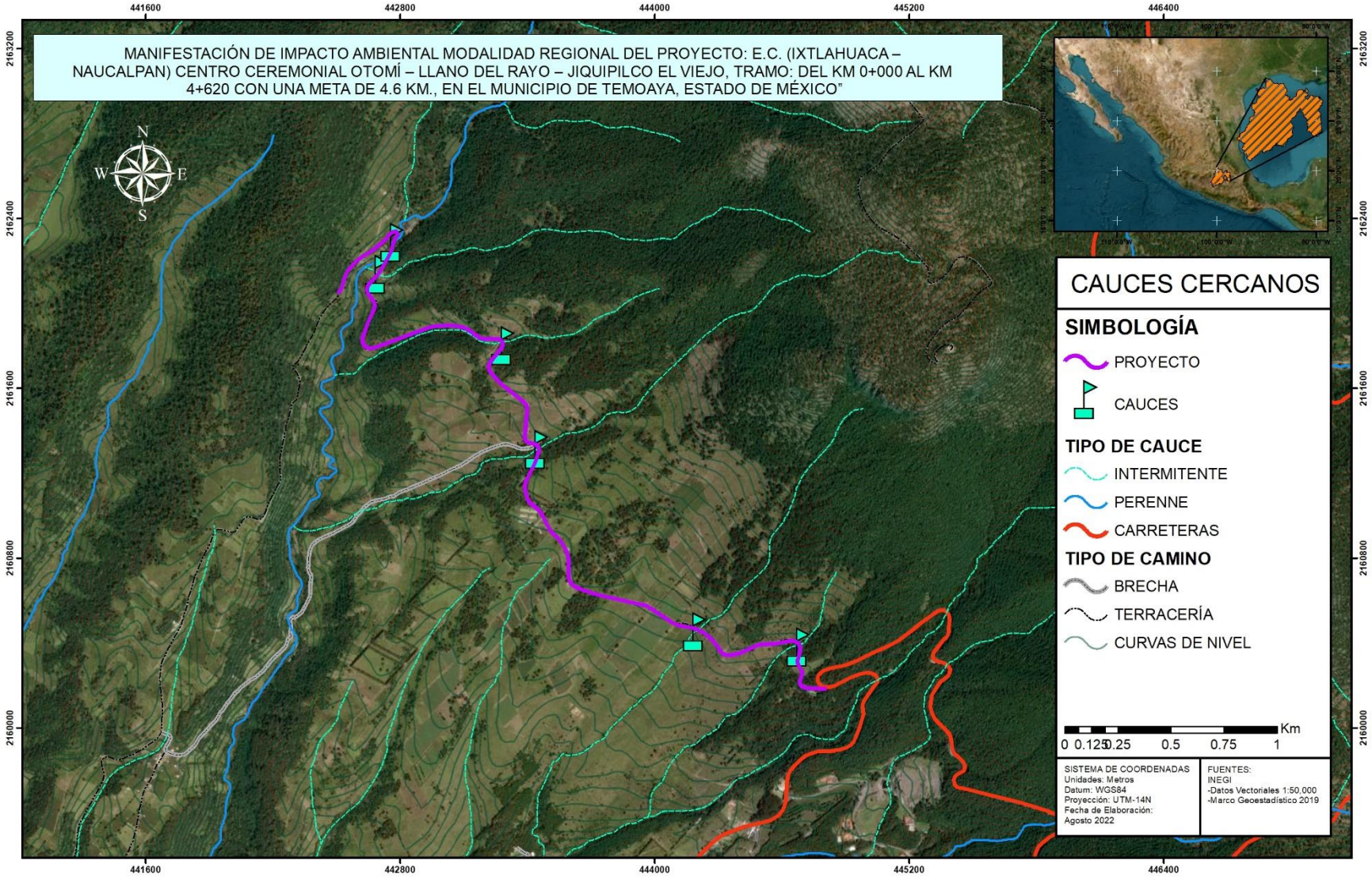
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 24. Subcuencas Hidrológicas del Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 25. SIMULADOR DE FLUJOS DE AGUA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

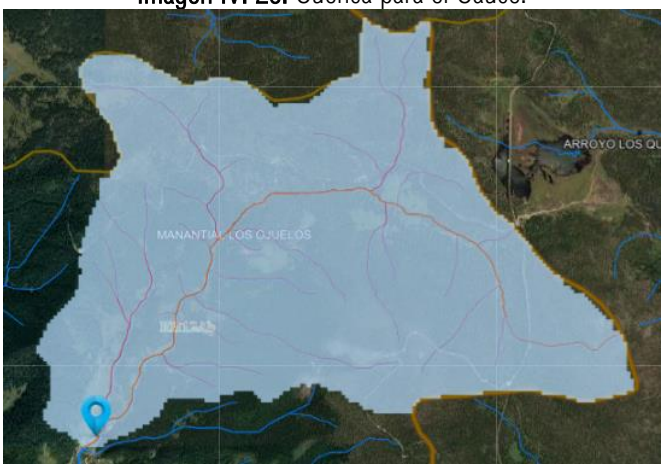


Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Cauce perenne 01

El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 10.23 km^2.

Imagen IV. 26. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

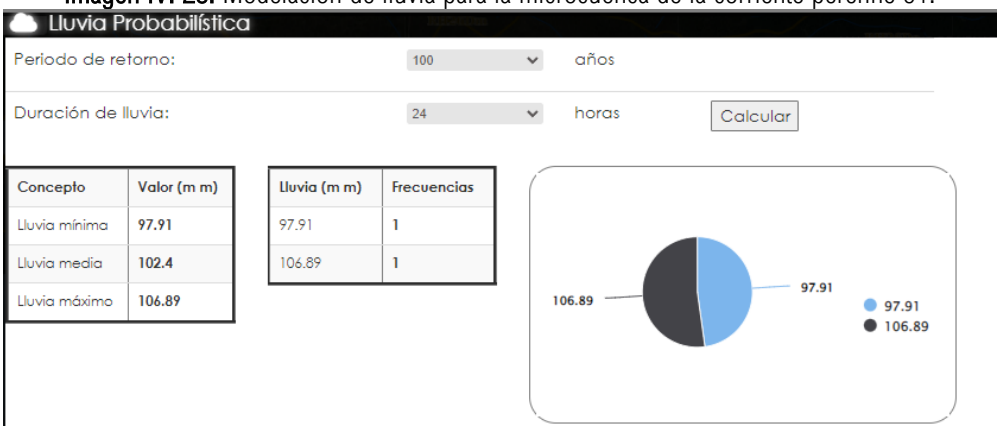
Imagen IV. 27. Microcuenca para la corriente perenne 01 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 28. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente perenne 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 6.56 km de cauce

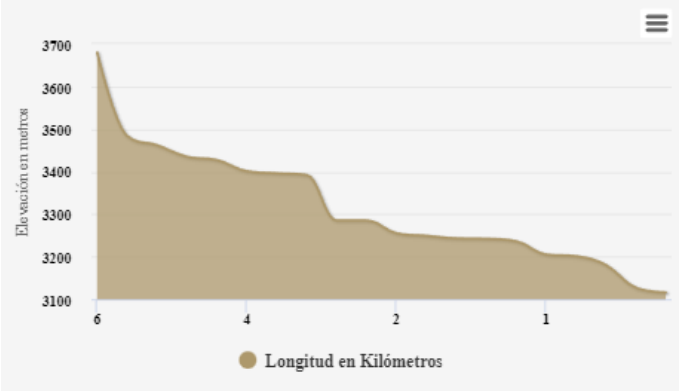
Tabla IV. 19. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3680 m
Elevación Media	3398 m
Elevación Mínima	3116 m
Longitud	6566 m
Pendiente Media	8.59%
Tiempo de Concentración	40.66 (min)
Área Drenada	10.23 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.18
Lluvia	102.4 mm
Intensidad de Lluvia	150.59 mm/h
CAUDAL PICO	77.03 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 6,566 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,680 metros hasta 3,116 metros.

Imagen IV. 29. Perfil de Elevaciones del Cauce.

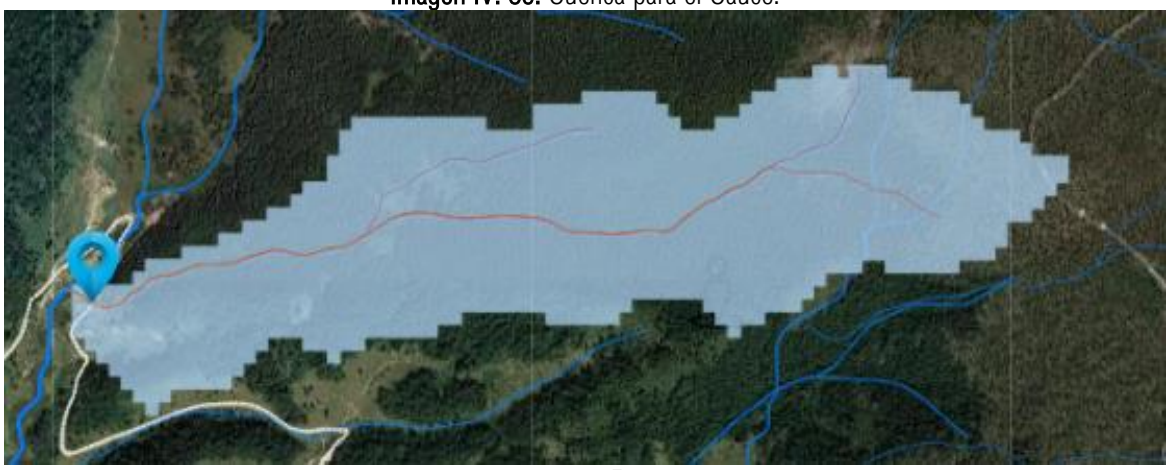


Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Cauce intermitente 01

El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 0.98 km^2.

Imagen IV. 30. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Imagen IV. 31. Microcuenca para la corriente intermitente 01 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez delimitada la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 32. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 2.24 km de cauce

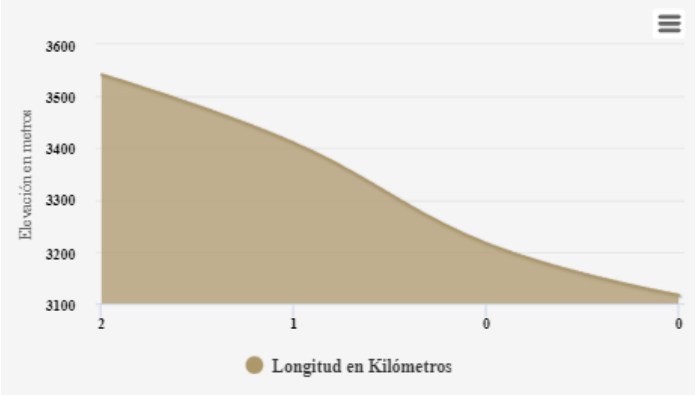
Tabla IV. 20. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3542 m
Elevación Media	3329 m
Elevación Mínima	3116 m
Longitud	2249 m
Pendiente Media	18.94%
Tiempo de Concentración	12.87 (min)
Área Drenada	0.98 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.16
Lluvia	102.4 mm
Intensidad de Lluvia	487.62 mm/h
CAUDAL PICO	21.24 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 2,249 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,542 metros hasta 3,116 metros.

Imagen IV. 33. Perfil de Elevaciones del Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Cauce intermitente 02

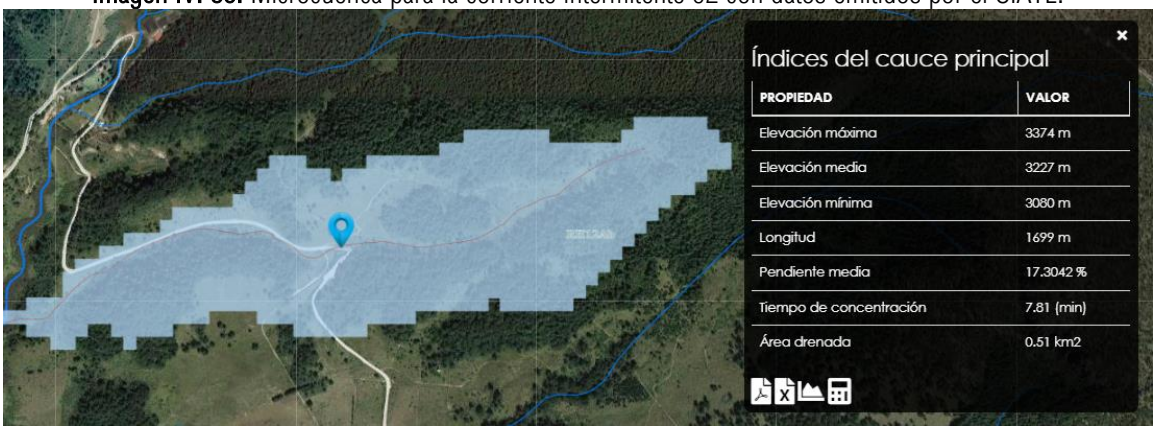
El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 0.51 km^2.

Imagen IV. 34. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

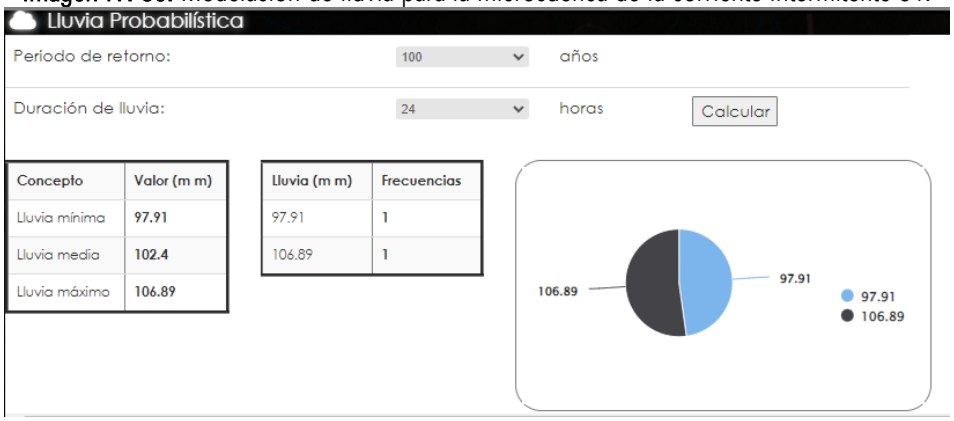
Imagen IV. 35. Microcuenca para la corriente intermitente 02 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez delimitada la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 36. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 1.69 km de cauce

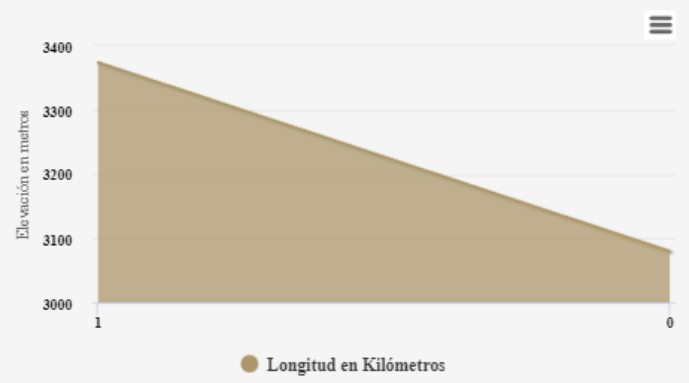
Tabla IV. 21. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3374 m
Elevación Media	3227 m
Elevación Mínima	3080 m
Longitud	1699 m
Pendiente Media	17.30%
Tiempo de Concentración	7.81 (min)
Área Drenada	0.51 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.15
Lluvia	102.4 mm
Intensidad de Lluvia	787.69 mm/h
CAUDAL PICO	16.74 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 1,699 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,374 metros hasta 3,080 metros.

Imagen IV. 37. Perfil de Elevaciones del Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Cauce intermitente 03

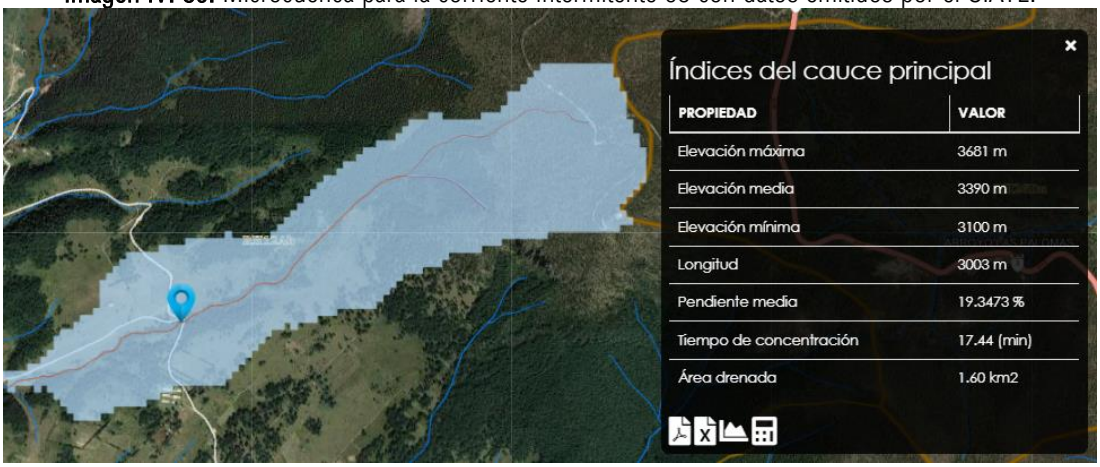
El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 1.60 km^2.

Imagen IV. 38. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Imagen IV. 39. Microcuenca para la corriente intermitente 03 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez delimitada la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 40. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 3.00 km de cauce

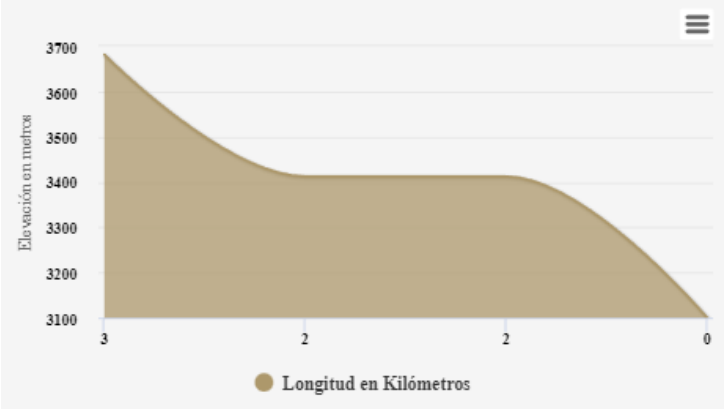
Tabla IV. 22. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3681 m
Elevación Media	3390 m
Elevación Mínima	3100 m
Longitud	3003 m
Pendiente Media	19.35%
Tiempo de Concentración	17.44 (min)
Área Drenada	1.60 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.18
Lluvia	102.4 mm
Intensidad de Lluvia	353.10 mm/h
CAUDAL PICO	28.25 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 3,003 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,681 metros hasta 3,100 metros.

Imagen IV. 41. Perfil de Elevaciones del Cauce.

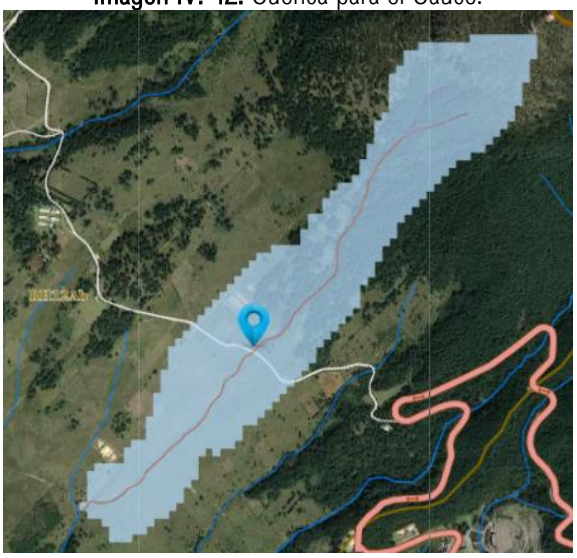


Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Cauce intermitente 04

El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 0.89 km^2.

Imagen IV. 42. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

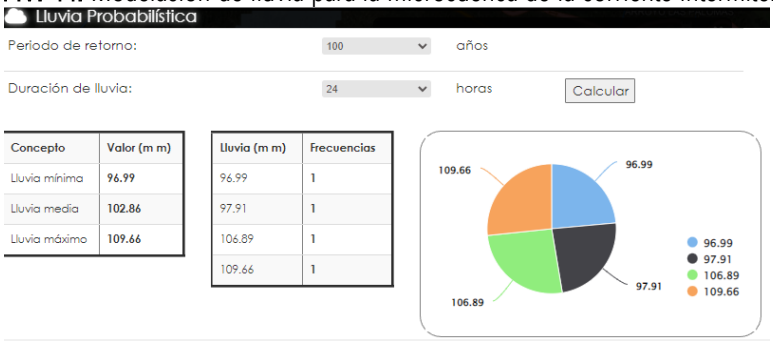
Imagen IV. 43. Microcuenca para la corriente intermitente 04 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez delimitada la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 44. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 2.33 km de cauce

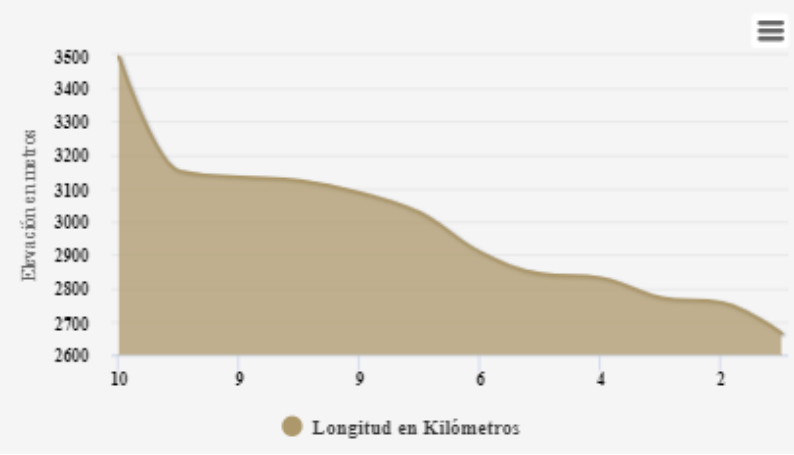
Tabla IV. 23. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3568 m
Elevación Media	3334 m
Elevación Mínima	3100 m
Longitud	2339 m
Pendiente Media	20.01%
Tiempo de Concentración	12.60 (min)
Área Drenada	0.89 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.17
Lluvia	102.86 mm
Intensidad de Lluvia	489.81 mm/h
CAUDAL PICO	20.59 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 2,339 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,568 metros hasta 3,100 metros.

Imagen IV. 45. Perfil de Elevaciones del Cauce.

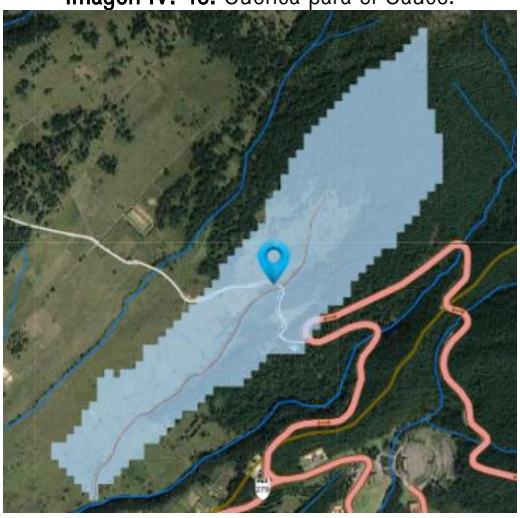


Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Cauce intermitente 05

El cauce tiene una aportación a la siguiente microcuenca que se puede ver en la imagen, con una superficie de 0.75 km^2.

Imagen IV. 46. Cuenca para el Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

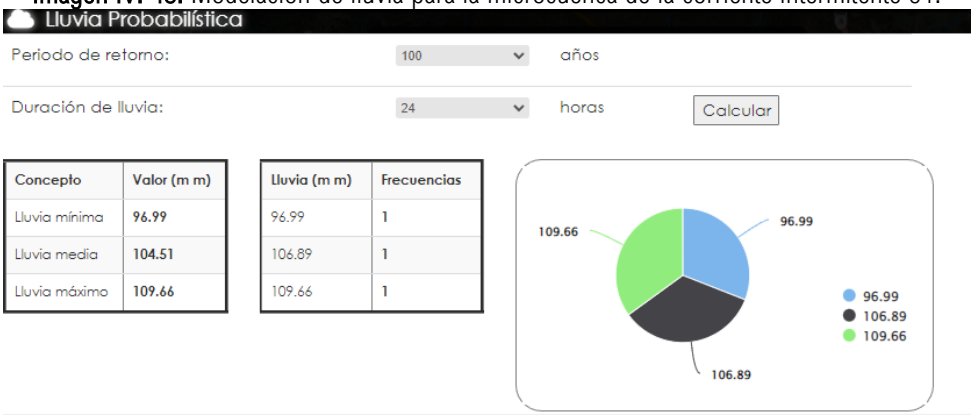
Imagen IV. 47. Microcuenca para la corriente intermitente 05 con datos emitidos por el SIATL.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Una vez delimitada la superficie de la microcuenca a partir del cauce que se encuentra en el proyecto carretero, se realizó la modelación de la lluvia extraordinario en un plazo de 24 horas con un periodo de retorno de 100 años, con lo que obtenemos la avenida máxima o también conocido como caudal pico, por lo que, considerando la precipitación pluvial en la región durante el año, para ello se consideró la precipitación media obtenida de la modelación mencionada.

Imagen IV. 48. Modelación de lluvia para la microcuenca de la corriente intermitente 01.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

A partir de la anterior información generamos los valores de los índices morfométricos de la microcuenca, incluyendo entre ellas al valor del gasto máximo y la intensidad de lluvia probable de acuerdo con los criterios señalados por el "Método racional", lo que nos permite obtener el caudal pico de la corriente intermitente lo largo de sus 1.54 km de cauce

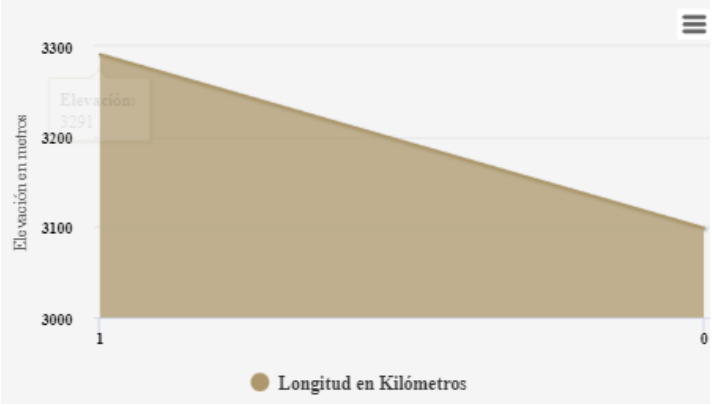
Tabla IV. 24. Índices morfométricos.

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RESULTADO
Elevación Máxima	3291 m
Elevación Media	3195 m
Elevación Mínima	3099 m
Longitud	1547 m
Pendiente Media	12.41%
Tiempo de Concentración	8.88 (min)
Área Drenada	0.75 km2
Periodo de Retorno	100 años
Coeficiente de Escurrimiento	0.15
Lluvia	104.51 mm
Intensidad de Lluvia	696.73 mm/h
CAUDAL PICO	21.77 m³/s

Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Para la presente microcuenca, el perfil de elevaciones grafico nos muestra como a lo largo de sus 1,547 metros de cauce el flujo del agua desciende desde una elevación de 3,291 metros hasta 3,099 metros.

Imagen IV. 49. Perfil de Elevaciones del Cauce.



Fuente: Simulador de flujo de agua de cuencas hidrológicas SIATL

Calidad del Agua

La Calidad del agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos diversos, está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de sustratos por los que viaje el agua, esta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho sustrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre sustratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá sílice en cantidad apreciable.

La pérdida de la calidad de las aguas superficiales proviene principalmente de los afluentes de actividades industriales, aguas negras domésticas y la escorrentía por el uso del suelo, también de actividades de minería y de los sitios de disposición final de residuos sólidos. Esta utilización del medio hídrico como receptor de descargas contaminantes (residuos, emisiones y vertimientos) provoca en los ecosistemas acuáticos modificaciones fisicoquímicas que repercuten en la composición y distribución de las comunidades biológicas, así como en el deterioro o limitación de los usos de agua, produciéndose pérdida de la calidad del agua y en muchas ocasiones imposibilidad de su suministro para diferentes usos, entre ellos el consumo humano. La Conagua publica entre sus principales indicadores de calidad del agua, la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de sólidos suspendidos totales (SST).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La demanda química de oxígeno (DQO) se utiliza como indicador de la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. En 2020, de los 2,581 sitios de monitoreo, 30.53% se clasificó dentro de la categoría de "contaminado" (con valores superiores a los 40 mg/L que sugieren la presencia de descargas de aguas residuales sin tratamiento) y 5.42% en la de "fuertemente contaminado" (valores promedio superiores a los 200 mg/L). Faña (2002) define este parámetro como la cantidad de Oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo; permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite además calcular las descargas de los efectos de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días (DBO5):** La DBO5 es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. Escala de clasificación de la calidad del agua, conforme a la DBO5: No contaminada o Excelente ≤ 3 mg/L; buena calidad > 3 mg/L y ≤ 6 mg/L (aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable); aceptable > 6 mg/L y ≤ 30 mg/L (con indicios de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente); contaminada > 30 mg/L y ≤ 120 mg/L (aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal); y fuertemente contaminada > 120 mg/L (aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Los SST miden todos aquellos sólidos que no se disuelven en el agua, y quedan suspendidos. La cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) provienen principalmente de las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento en los niveles de SST en los cuerpos de agua provoca su turbidez y reduce la penetración de la luz solar, impidiendo el desarrollo de la vegetación acuática y afectando al resto de su biodiversidad. La evaluación de la calidad del agua en 2020 mostró que de las 3,489 estaciones de monitoreo que registraron SST, el 6.59% se consideraron contaminadas y 4.44% fuertemente contaminadas. Las regiones con mayor porcentaje de sitios de monitoreo con contaminación fueron Pacífico Sur (22.8% de sus sitios) y Frontera Sur (10.3%). Por otro lado, las regiones con el mayor porcentaje de sus

sitios de monitoreo en aguas superficiales con excelente calidad fueron Cuencas Centrales del Norte (72.7%) y Península de Yucatán.

- **Coliformes Fecales (CF):** Las coliformes fecales están presentes en los intestinos de animales y son excretados en sus heces fecales. Son bacterias de forma de bacilo (bastón) corto. El grupo de bacterias coliformes se utiliza como indicador de contaminación fecal en el agua, considerando que conforme mayor sea el número de coliformes en el agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente. Del grupo de coliformes fecales, la especie más prominente es "*Escherichia coli* ", la cual vive como comensal en el intestino delgado de animales; sin embargo, esta especie tiene algunas cepas que son patógenas y provocan enfermedades diarreicas. Los valores de CF se expresan en NMP/100 ml; de acuerdo con este indicador, los niveles de calidad del agua son los siguientes: Excelente, si: CF <=100, Buena calidad, si: 100 < CF <= 200, Aceptable, si: 200 < CF <= 1000, Contaminada, si: 1000 < CF <= 10000, Fuertemente contaminada, si: CF > 10000, Simbología: "<", menor que;" >", mayor que; "<=", menor o igual que.

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT):** Es el material constituido por los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos y coloidales que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 µm secado y llevado a masa constante a una temperatura de 105 °C ± 2 °C.

Como se presentó oportunamente, de acuerdo con el Sistema Nacional de Información de Agua (SNA), no se cuentan con datos de la calidad del agua de ninguno de los cauces que atraviesan el SAR. Sin embargo, se puede inferir que los cauces intermitentes y permentes que se presentan dentro del Sistema Ambiental Regional tienen una buena calidad de agua lo cual obedece a que dentro del SAR no se localizan localidades rurales ni urbanas, Es decir, solamente se encuentran zonas agropecuarias.

Hidrología subterránea.

La problemática del estado de México, concretamente en los municipios conurbados, es paralela a la que se presenta en el Distrito Federal en cuanto al abastecimiento del recurso agua; es así, que las zonas de explotación Valle de Toluca, Santa María Canchesdá, Temascalcingo, Tenancingo y porción orientenorte de la zona Valle de México, sustentan el desarrollo económico y social de la entidad, comprendiendo una superficie de 23.20% del total del área estatal. Los materiales que conforman a los valles son, por lo general, sedimentos clásticos del Terciario Superior y Cuaternario de espesor considerable.

La gran mayoría de los depósitos de agua subterránea en la entidad poseen un comportamiento geohidrológico de tipo libre, aunque existen, en menor medida, depósitos de tipo confinado y semiconfinado, extrayéndose agua que va de dulce a tolerable, excepto en algunas zonas como la de Texcoco donde la calidad del agua es salada.

La recarga de las zonas de explotación antes mencionadas se estima en un volumen de 1 051.88 Mm3 anuales, provenientes de la infiltración directa de la precipitación pluvial y de flujos descendentes de sierras y lomeríos, juntamente con los aportados por el deshielo en los volcanes Nevado de Toluca, Popocatépetl e Iztaccíhuatl. La extracción es de 1 293.62 Mm3 por año, de los cuales 206.48 Mm3 se destinan al uso agrícola, 950.60 Mm3 al uso público, 34.87 Mm3 al doméstico y 101.67 Mm3 corresponden al uso industrial. Distribuidos en todas las zonas de explotación, se tienen censados un total de 3 550 aprovechamientos, correspondiendo 2 751 a pozos, 601 a norias y 198 a manantiales.

En el territorio estatal se localizan seis focos termales, siendo cinco manantiales y un pozo profundo, con temperaturas mínimas de 31 °C y máximas de 40°C. Los seis focos fueron agrupados en cuatro zonas termales: San José Ixtapa, Ixtlahuaca-San Pedro de los Baños, Ixtapan del Oro e Ixtapan de la Sal-Tonatico.

Según la CONAGUA (2008) las aguas subterráneas desempeñan un papel de creciente importancia en el crecimiento socioeconómico del país, gracias a sus características físicas que les permiten ser aprovechadas de manera versátil, funcionan como presas de almacenamiento y red de distribución siendo posible extraer agua en cualquier época del año de prácticamente cualquier punto de la superficie del acuífero. Funcionan, además, como filtros purificadores, preservando la calidad del agua. En el país se cuenta con un registro de 653 acuíferos.

En el Estado de México de acuerdo con CONAGUA (2020) se encuentran 31 acuíferos de los cuales 12 se encuentran catalogados como "Sin Disponibilidad" los cuales son Valle de San Juan del Río, Cuautla-Yautepec, Texcoco, Chalco-Amecameca, Polotitlán, Tenancingo, Huichapan-Tecozautla, Cuatitlán-Pachuca, Villa Victoria-Valle de Bravo, Tepeji del Río, Valle de Toluca y el de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, los cuales se encuentran principalmente en la zona norte del estado.

El 99.64% del límite del municipio de Temoaya se ubica sobre el acuífero del Valle de Toluca (clave 1501) el cual de acuerdo con Madrigal (s.f.) ocupa el segundo lugar de los acuíferos más explotados en México, pues debido a que sus 360 pozos de extracción abastecen de agua a aproximadamente el 30% de la población que se encuentra asentada en el Valle de México y al 2% de la población de la Ciudad de Toluca. El .36% restante del territorio de Temoaya se encuentra en el acuífero de Ixtlahuaca – Atlacomulco (1502).

El trazo del proyecto se encuentra sobre el acuífero del Valle de Toluca a continuación descrito.

- **Acuífero Valle de Toluca (1501)**

Se localiza en la cuenca alta del Río Lerma la cual se encuentra en el sur del Altiplano mexicano. Colinda al norte con los acuíferos de Ixtlahuaca – Atlaculco, Valle del Mezquital, Tepeji del Río y Cuatitlán – Pachuca; al este con el de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; al sur con el de Tenancingo y Cuernavaca y finalmente al oeste con el de Villa Victoria – Valle de Bravo. Tiene una superficie de 2,738 km^2 sobre donde se encuentran actualmente 18 municipios por completo y 7 parcialmente con una población total de 11,707,964 habitantes que representan el 13% de la población del país

Actualmente y desde agosto de 1965 la zona se encuentra en estado de veda debido a la escasa disponibilidad de agua en el acuífero y por la condición geohidrológica del mismo. Los principales usos del agua son destinados para los servicios públicos urbanos, para la industria y procesos agrícolas.

De acuerdo con el Balance hídrico de aguas subterráneas realizado por la CONAGUA (2020) en el acuífero se tienen las siguientes entradas y salidas:

$$DMA = R – DNC – VEAS$$
$$DMA = 336.8 – 53.6 – 393.543020$$
$$DMA = -110.343020\ hm^3/año.$$

Donde:
DMA=Disponibilidad Media Anual
R= Recarga total media anual
DNC= Descarga natural comprometida
VEAS= Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas

Por lo anterior, de acuerdo con los cálculos de CONAGUA (2020) actualmente ya no es posible otorgar mayores concesiones de extracción de agua en la zona debido a que se tiene incluso un déficit del agua en el acuífero de 110,343,020 m^3 anuales que se extraen a costa del almacenamiento no renovable.
Por lo anterior, en la región donde se encuentra el presente acuífero se han empezado a presentar hundimientos del terreno llegando a alcanzar incluso 1 metro de profundidad con respecto al nivel medio del terreno, provocando con ello que infraestructura hidráulica, vialidades y demás infraestructuras colapsen. Pues en la zona, de acuerdo con algunos estudios sobre el nivel freático, este ha descendido hasta en 60 metros en algunos puntos, provocando el incremento de los costos de extracción del agua (Albarrán, 2022)

IV.2.6. AIRE

La contaminación atmosférica es el riesgo ambiental que más impacta a la salud de la población en el mundo, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS). Tan sólo en 2015, el deterioro de la calidad del aire estuvo relacionado con 6.5 millones de muertes en el mundo y con al menos 19 087 muertes en México, donde el costo estimado de estos eventos fue de 396 639 millones de pesos (MXN). El Estado de México es la entidad con mayor población en el país, con más de 16 millones de habitantes. Es tan rico en recursos naturales, como complejo en relación con la gestión ambiental. Goza de tal variedad de climas que es prácticamente imposible catalogar uno dominante. En relación con su topografía ocurre algo semejante, es posible encontrar regiones con altitud de 400 metros y otras con 5,500 metros sobre el nivel del mar. La Entidad también tiene un patrimonio natural y productivo sobresaliente (casi 80% del territorio estatal es suelo no urbanizable), el cual alberga 92 áreas naturales protegidas -el mayor número en el país- y, aun así, concentra tres Zonas Metropolitanas. Cuenta con 125 municipios de los cuales 75 se encuentran en las Zonas Metropolitanas del Valle de México y de Toluca, regiones en las que se concentra poco más del 85% de la población de la Entidad, así como la mayor parte de las actividades industriales y de servicios. Lo anterior genera, por consecuencia, que éstas tengan concentraciones de contaminantes atmosféricos que rebasan las normas de calidad del aire de ozono y partículas suspendidas. Es decir, la mayor parte de la población habita en el 7.4% del territorio, por lo cual hace relevante que la gestión ambiental en una fracción mínima del territorio tenga el potencial de impactar en la gran mayoría de las familias mexiquenses.
En el territorio del Estado de México existen dos Sistemas de Monitoreo Atmosférico independientes. El primero es administrado por la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México a través de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA). El segundo, denominado Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), es operado por el Gobierno de la Ciudad de México; parte de las estaciones de este Sistema se ubican en los municipios conurbados del Estado de México con la Ciudad de México, en la Zona Metropolitana de Cuautitlán-Texcoco (ZMCT). En el Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de México se miden continuamente las concentraciones atmosféricas de los contaminantes criterio para monitorear la calidad del aire de la ZMVT y tomar las medidas necesarias en caso de que estos niveles excedan los permitidos por las normas federales. Los contaminantes que conforman este grupo fueron los primeros en ser estudiados sistemáticamente en varios países, debido a la evidencia sobre sus efectos adversos en la salud humana. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) los llamó “contaminantes criterio” porque sus normas de calidad del aire se basaban en el

conocimiento plasmado en documentos llamados "documentos criterio." Actualmente el término se ha adoptado en muchos países y es convencionalmente aceptado para referirse a los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2), partículas o material particulado (PM), plomo (Pb), monóxido de carbono (CO) y ozono (O3).

Las fuentes de dichos contaminantes pueden ser puntuales o fjas, de área, móviles o naturales. Las fuentes puntuales son aquellas que son estacionarias e identifcables; toda instalación en la que se desarrollan procesos industriales, comerciales, de servicios o, en general, actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Las fuentes de área son fuentes fjas que resultan demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera individual en un inventario de fuentes puntuales. Estas fuentes tienden a no ser constantes en su ubicación, dado que pueden deberse a establecimientos que abren y cierran por las zonas de estudio. Un ejemplo de ellas serían los puestos informales de comida. Las fuentes móviles son todos los vehículos de transporte de carga o de personas que utilizan combustibles fósiles. Por último, la contaminación por fuentes naturales es provocada por diversos y variados procesos naturales tales como las emisiones biogénicas, la erosión de suelos y erupciones volcánicas, entre otras.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son precursores del ozono troposférico, por lo que también es importante tomarlos en cuenta en los diferentes rubros que abarca el ProAire. La evaporación de combustibles y las emisiones industriales son las fuentes más importantes de COV. Otras fuentes de COV son las emisiones de vehículos automotores, la industria química orgánica y la fabricación de plásticos, pinturas y solventes, entre otras. Finalmente, la quema de biomasa también tiene una influencia signifcativa en la química regional respecto de los COV.

Los impactos a la salud pueden variar dependiendo del estilo de vida y las predisposiciones genéticas de los habitantes. Todos los contaminantes criterio son dañinos para la salud de las personas; para la zona de estudio, los contaminantes con mayores implicaciones son el O3 y las partículas suspendidas. El primero debido a su alta capacidad de oxidación, pues causa infamación de las células, reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir infecciones y remover partículas externas. El segundo representa un riesgo mayor ya que, por su tamaño y toxicidad, puede agudizar las enfermedades pulmonares, como las Enfermedades Pulmonares Obstructivas Crónicas (EPOC) y el asma. Entre de las herramientas más importantes para conocer el comportamiento de los contaminantes criterio están los Sistemas de Monitoreo Atmosférico.

De acuerdo con el diagnóstico de la calidad del aire que ha
presentado el Estado de México en los últimos diez años. Se analizan las tendencias anuales, semanales y diarias que han tenido las concentraciones atmosféricas de los seis contaminantes criterio (ozono, material particulado de 10 y 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno) en dicho periodo, así como la evaluación de los indicadores establecidos en las Normas Ofciales Mexicanas (NOM) vigentes. Es importante mencionar que hay dos Zonas Metropolitanas que cuentan con monitoreo atmosférico, la Zona Metropolitana de Cuautitlán-Texcoco (ZMCT) y la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT).

De acuerdo con el diagnóstico, ninguna estación de monitoreo de estas zonas cumplió con los límites para material particulado en los últimos 3 años. A nivel estatal, alrededor del 50% de los días presentan una mala calidaddel aire respectode laspartículas suspendidasmenores a 10micras. Para partículas suspendidas menores a 2.5 micras, la ZMVT presenta una problemática más severa, con 50% de los días con mala calidad del aire atribuibles a este contaminante criterio. Respecto del ozono, la ZMCT tiene la problemática más severa, pues todas las estaciones de monitoreo incumplen con los límites máximos permisibles. Si bien la frecuencia con que los límites se superan en la ZMVT es menor, en 2017 35% de los días del año presentaron una mala calidad del aire por este contaminante. Según la evaluación a partir del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, en 2017 la ZMVT tuvo 0 días con buena calidad del aire, mientras que la ZMCT tuvo únicamente 9 (2.5%).

Los datos muestran que la ZMCT ha presentado un continuo problema de altas concentraciones de ozono, las cuales han permanecido relativamente constantes en la última década. En la ZMVT, en cambio, el material particulado es el que presenta las mayores concentraciones, igualmente manteniéndose relativamente constante en el periodo analizado. En ambas zonas se observa un incumplimiento normativo en ambos contaminantes. También es necesario enfatizar que la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco y las otras tres Zonas Poblaciones del

Estado (Zona Sur, Atlacomulco e Ixtapan de la Sal) no cuentan con monitoreo atmosférico a pesar de tener características demográfcas y económicas que fundamentan la necesidad de medir la calidad del aire en dichas zonas.

De acuerdo con los datos anteriores expuestos se tiene que, dentro del Sistema Ambiental Regional no cuenta con registros en la Calidad del Aire. Sin embargo, se puede concluir que para la zona del proyecto se tiene una calidad del aire buena. Lo cual obedece a que dentro de la zona no se presenta tráfico importante o de consideración de vehículos automotores con emisión de gases en ocasiones eventuales. Sin embargo, en estos lugares se presenta quema de basura y zonas de quema de vegetación, que contaminan la calidad del aire, liberando grandes cantidades de Bióxido de Carbono. Empero, dadas las condiciones regulares en las zonas altas del SAR, con vegetación de bosque de coníferas que prevalece a pesar de las condiciones adversas, se reduce el efecto provocado por estas prácticas que se presentan en estos lugares. La combustión incompleta libera pequeñas partículas de otros componentes cuya nocividad para la salud humana en el ambiente del hogar se ha demostrado. Es decir, la contaminación del aire es más local y directa en las localidades, en las vías de comunicación y en las zonas agropecuarias en las que las prácticas de quema de vegetación son un factor común, principalmente en las partes bajas.

IV.3. MEDIO BIÓTICO

IV.3.1 VEGETACIÓN

METODOLOGÍA.

El método utilizado para caracterizar las condiciones biológicas del SAR, AI y Área del proyecto se agrupó en trabajos de gabinete y campo.

1. **TRABAJOS DE GABINETE. -** Previo a la salida de campo, se recopiló y consultó la bibliografía disponible sobre las características bióticas y abióticas de la región, así como los tipos de vegetación. Mediante la búsqueda de información en literatura especializada, se analizaron los datos sobre la distribución de especies de plantas, así como la composición florística de los diversos ecosistemas presentes en el SAR, con la finalidad de identificar y definir qué especies se consideran en algún "STATUS", de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, se utilizó la cartografía disponible para delimitar con precisión la zona de estudio. Se ubicaron los poblados, caminos y tipos de vegetación dentro del Sistema Ambiental Regional, así mismo se utilizó la cartografía y nomenclatura empleada por el INEGI y CONABIO. Se ubicaron puntos de muestreo en el mapa, determinando sus coordenadas geográficas, para que la brigada de campo pudiera acceder a ellos mediante el apoyo de un GPS.

2. **TRABAJO DE CAMPO. -** Se realizaron recorridos en campo con la finalidad de verificar los tipos de vegetación y usos de suelo presentes en el SAR, AI y Área del proyecto, con esto realizar la comparación con la cartografía de INEGI serie VII de Uso de Suelo y Vegetación. Se centró la atención en los fragmentos mejor conservados, así como en aquellos lugares donde se consideró que probablemente exista mayor afectación derivada del desarrollo del proyecto. Se obtuvo un registro fotográfico de las especies y ecosistemas característicos de la región y de interés para este estudio, considerando particularmente especies que se encuentren incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como a las de interés comercial, cultural, médico, etc. Posteriormente se formó una brigada de campo, que conforme a un programa de trabajo realizó el muestreo de la vegetación, SAR, AI y Área del proyecto, teniendo como prioridad considerar aquellos sitios que contienen la vegetación mejor conservada, los fragmentos con vegetación secundaria y las cercas vivas.

DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.

El criterio empleado para la ubicación de los sitios de muestreo fue de acuerdo a la distribución y vocación forestal de cada tipo de uso de suelo y vegetación dentro del SAR, AI y Área del Proyecto. Con base en lo anterior expuesto a continuación, se muestra la tabla de coordenadas y la imagen de los sitios de muestreo realizados para el proyecto.

Tabla IV. 25. Listado de los sitios de muestreo.

- 3 muestreos en Bosque de Oyamel
- 2 muestreos en Bosque de Pino-Encino.

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

A continuación, se muestra la tabla de coordenadas y la imagen de los sitios de muestreo realizados para el SAR, AI y Área del Proyecto.

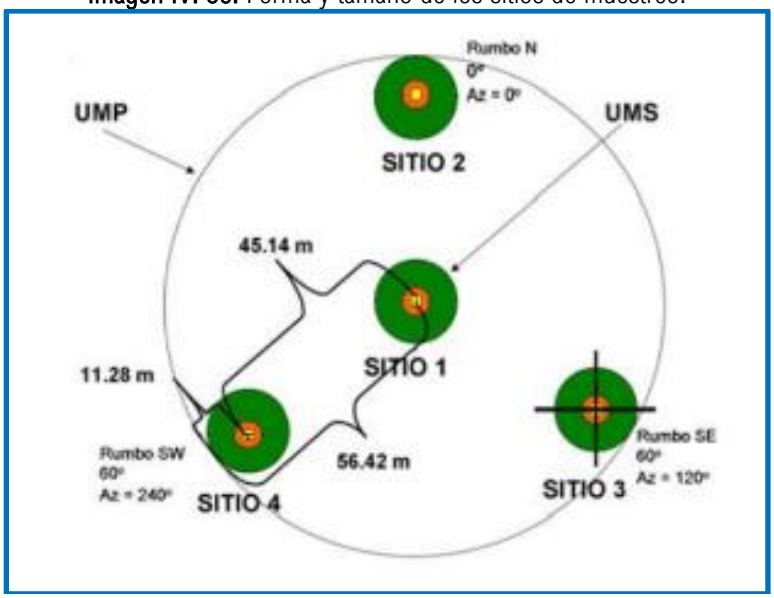
Tabla IV. 26. Coordenadas de los sitios de muestreo.

MUESTREO	CLAVE	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	COORDENADAS UTM	
			X	Y
MUESTREO EN EL SAR				
1	BPQ	Bosque de Pino-Encino	441481	2162609
2	BPQ	Bosque de Pino-Encino	441182	2160224
3	BA	Bosque de Oyamel	444162	2162682
4	BA	Bosque de Oyamel	446550	2159901
MUESTREO EN EL AI Y EN EL ÁREA DEL PROYECTO				
5	BA	Bosque de Oyamel	444746	2160197

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

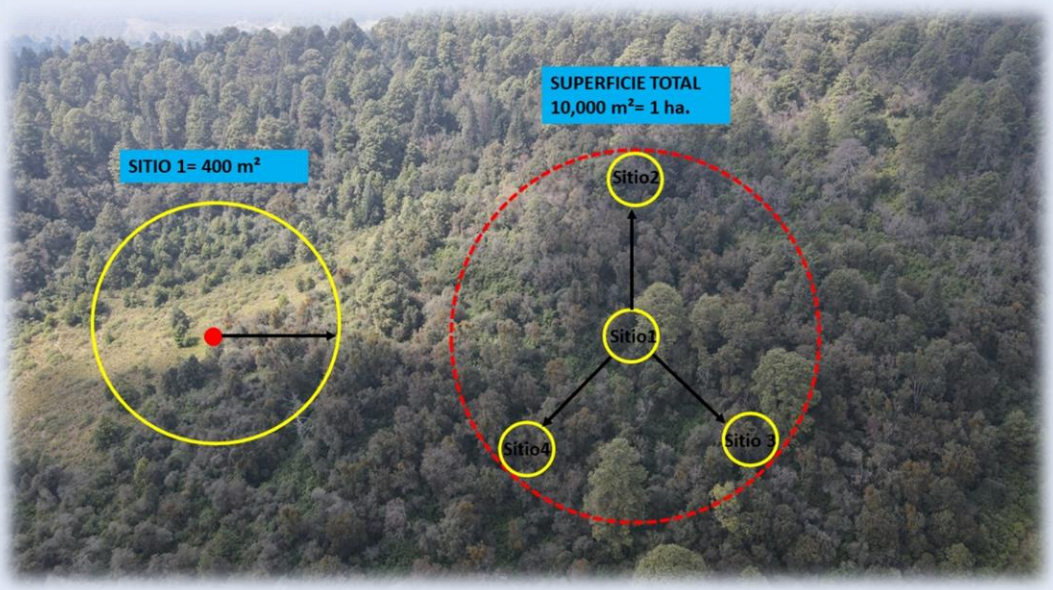
Se ubicaron los sitios de muestreo, en el Sistema Ambiental Regional, AI y Área del proyecto. Se tomó la metodología de la CONAFOR con algunas adaptaciones en el cual se emplea un muestreo estratificado sistemático por conglomerados; se ubicaron 5 sitios de muestreo por el método antes señalado, cada sitio represento una parcela circular de una hectárea (56.42 m de radio) para un total de 5 hectáreas muestreadas dentro del SAR, esto se logró con el apoyo de cuerdas con las medidas exactas, así como estacas metálicas para poder fijarlas (Ver fotografías de los sitios de muestreo) se realizaron las parcelas, en la cual se evaluaron cuatro unidades de muestreo secundarias (UMS) o sitios, dispuestos geométricamente en forma de una "Y" invertida con respecto al norte (Ver Imagen de Forma y tamaño de los sitios de muestreo) el sitio número 1 constituyo el centro del conglomerado y los sitios 2, 3 y 4 se consideraron periféricas. La distancia del centro del sitio 1 a cada uno de los sitios restantes es de 45.14 m. El azimut para localizar los sitios 2, 3 y 4 a partir del centro del sitio 1 es de 0º, 120º y 240º respectivamente.

Imagen IV. 50. Forma y tamaño de los sitios de muestreo.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Fotografía IV. 5. Forma y tamaño de los sitios de muestreo.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

En las siguientes fotografías se observa la realización de los conglomerados de muestreo, así como de obtención de las medidas DAP y Altura, de los ejemplares encontrados dentro de los mismos.

Fotografía IV. 6. Muestreo realizado para el proyecto.











Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

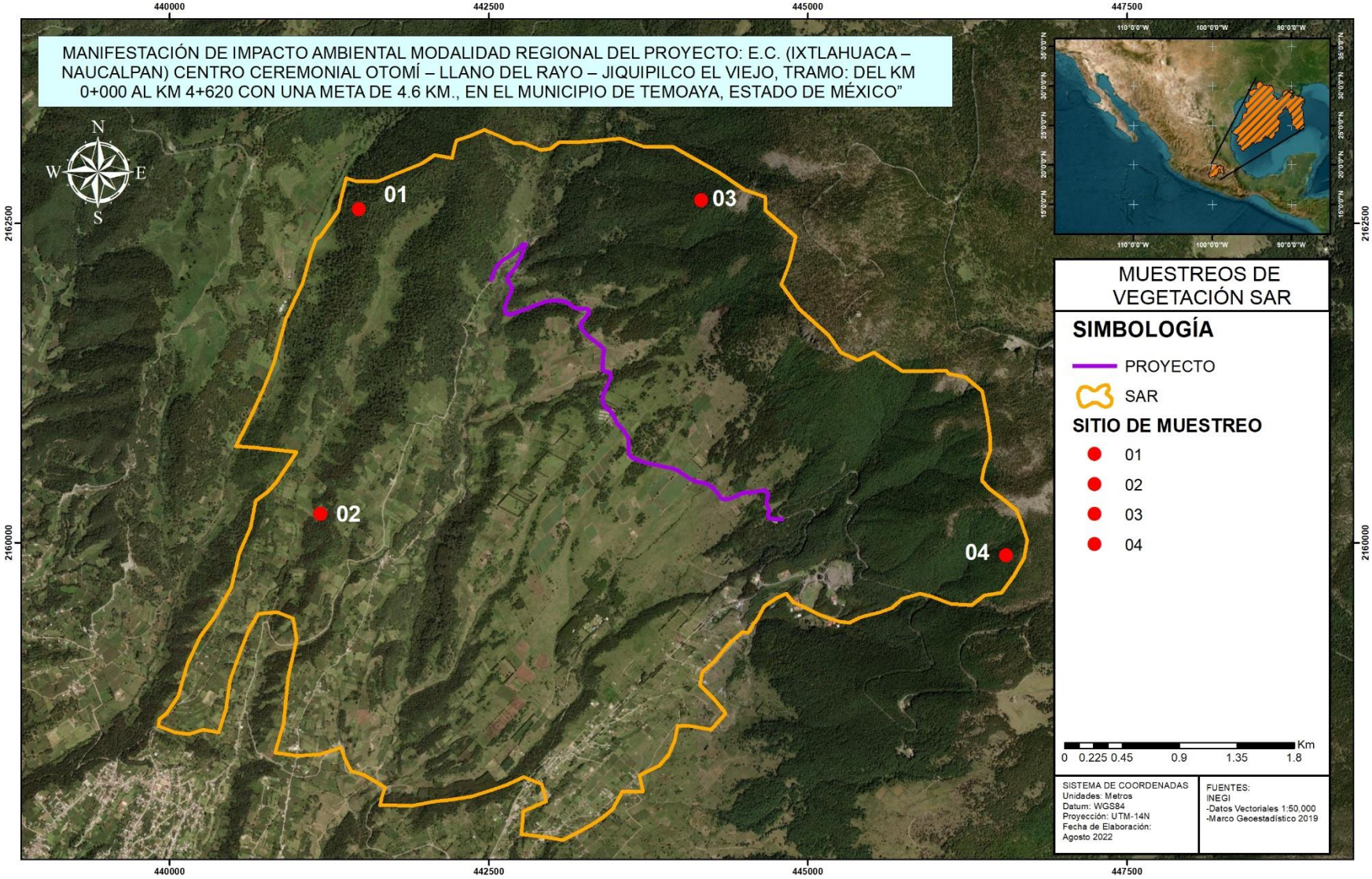
Es importante señalar, que, para complementar el trabajo de campo, se realizaron vuelos con un Dron, con la finalidad de apreciar y tener una idea actualizada de los usos de suelo y vegetación, presentes en el SAR AI y el trazo proyectado.

Fotografía IV. 7. Utilización del Dron en prospección de campo.



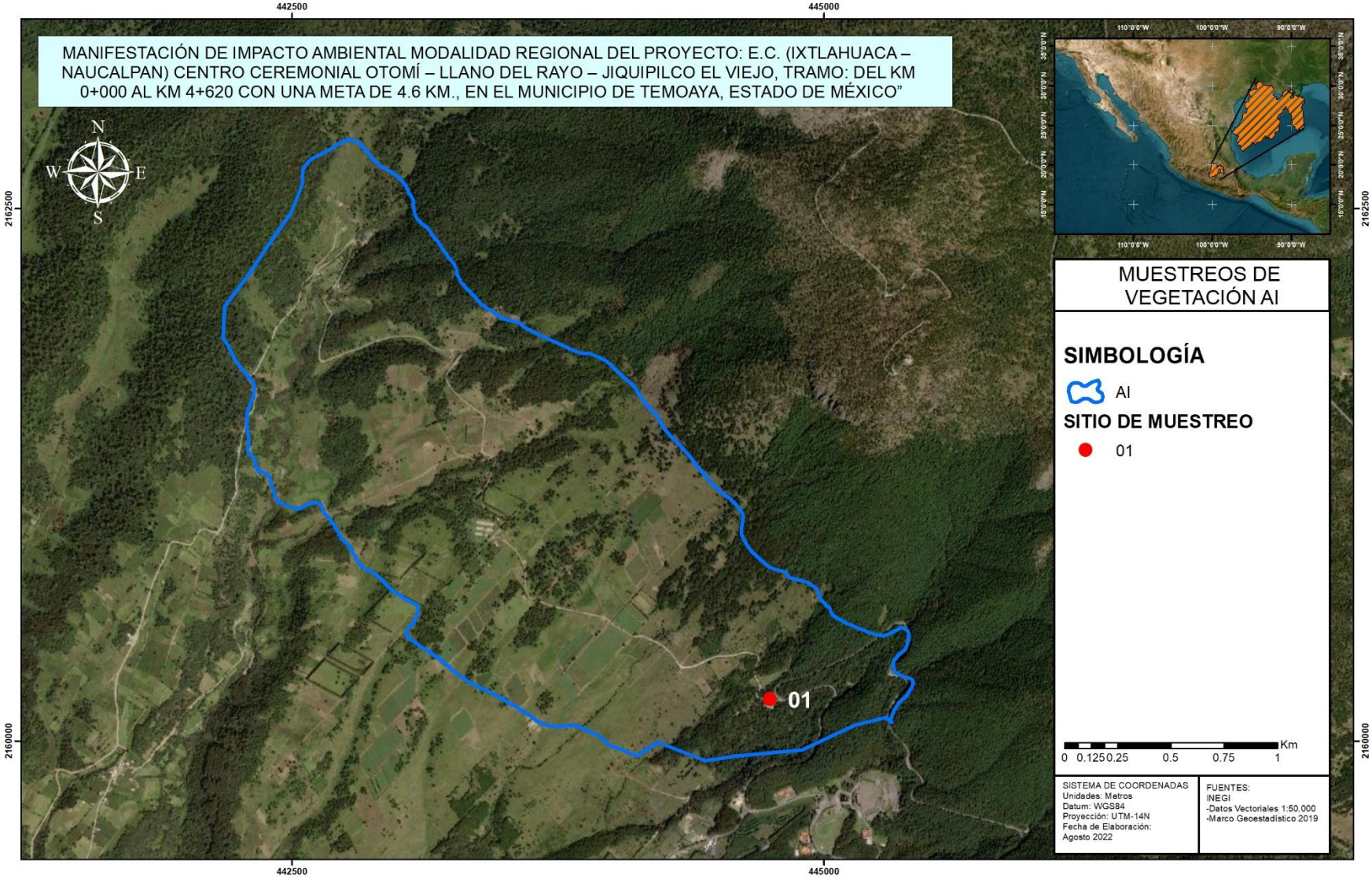
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 51. Sitios de Muestreo en el SAR.



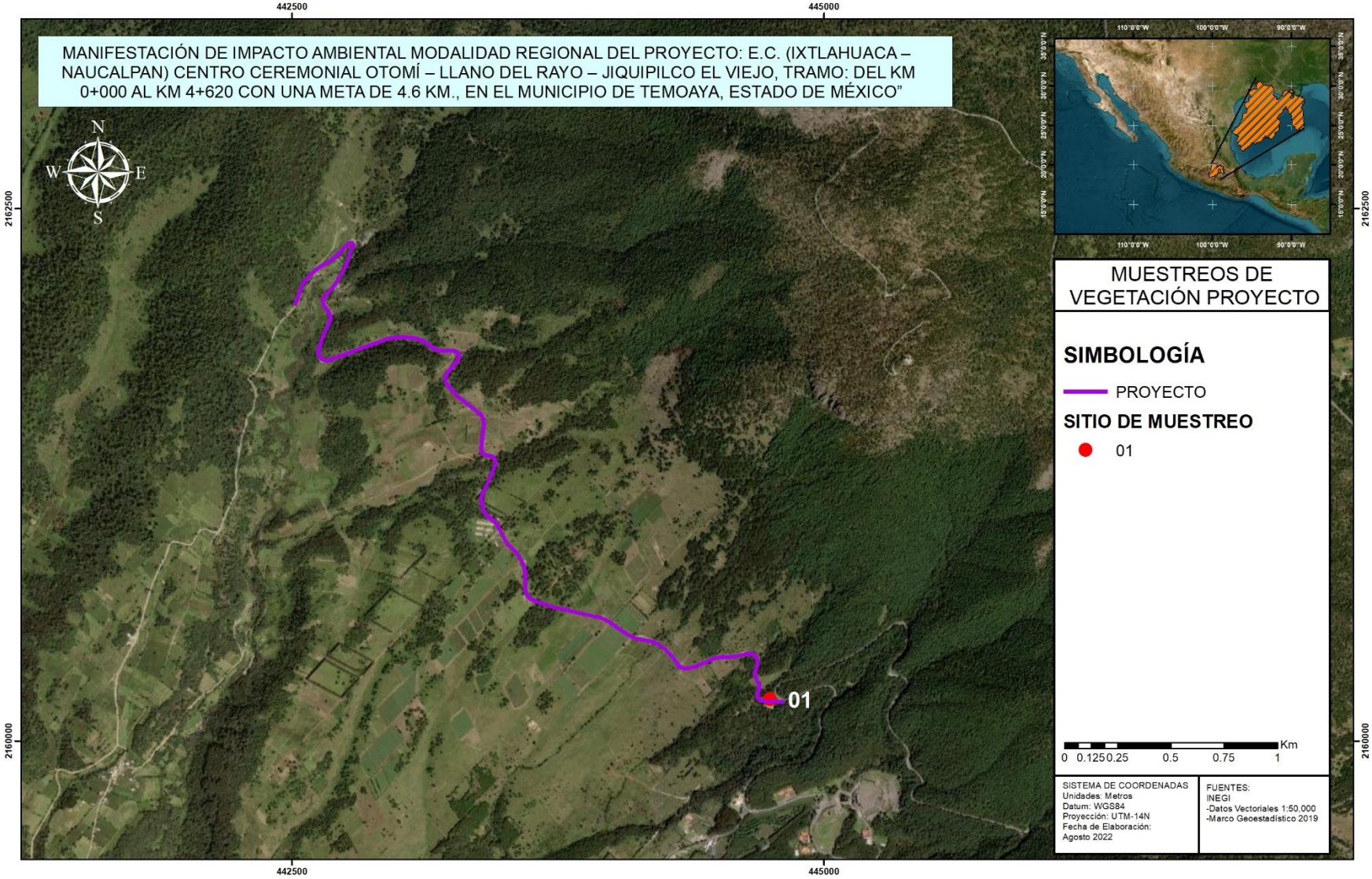
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 52. Sitios de Muestreo en el AI y Área del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 53. Sitios de Muestreo en Área del proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

3. **ANÁLISIS DE DATOS. -** La composición de especies y su diversidad fue caracterizada mediante el registró del número de familias, géneros, especies e individuos. Se calculó el índice de diversidad de Shannon, Simpson y equitatividad de Shannon; con base a los datos recopilados en campo y con apoyo de la clave para determinar los tipos de vegetación de México (Miranda y Hernández-X, 1963) y la cartografía de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) serie VII escala 1:250 000 se determinó que los tipos de usos de suelo y vegetación presentes en el Sistema Ambiental Regional son los siguientes:

- Bosque de Oyamel
- Bosque de Pino-Encino
- Pastizal Inducido
- Agricultura de Temporal Anual

El uso de suelo y vegetación mayormente representada dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto es Pastizal Inducido con 819.69 Ha del total del SAR, en segunda instancia se presenta Agricultura de Temporal Anual con 708.46 Ha, posteriormente con vocación forestal se encuentra la vegetación de Bosque de Oyamel con 462.73 Ha y con menor ocupación se encuentra Bosque de Pino-Encino con 240.87 Ha del total del SAR. Lo anterior afirmado se puede corroborar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 27. Usos de suelo y vegetación ocupados en el SAR capa USV Serie VII INEGI.

SUPERFICIE SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL INEGI SERIE VII = 2231.75 Ha			
CVE_UNION	DESCRIPCIÓN	AREA_HA	PORCENTAJE %
BA	Bosque de Oyamel	462.73	20.73%
BPQ	Bosque de Pino-Encino	240.87	10.79%
PI	Pastizal Inducido	819.69	36.73%
TA	Agricultura de Temporal Anual	708.46	31.74%
TOTAL		2231.75	100%

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

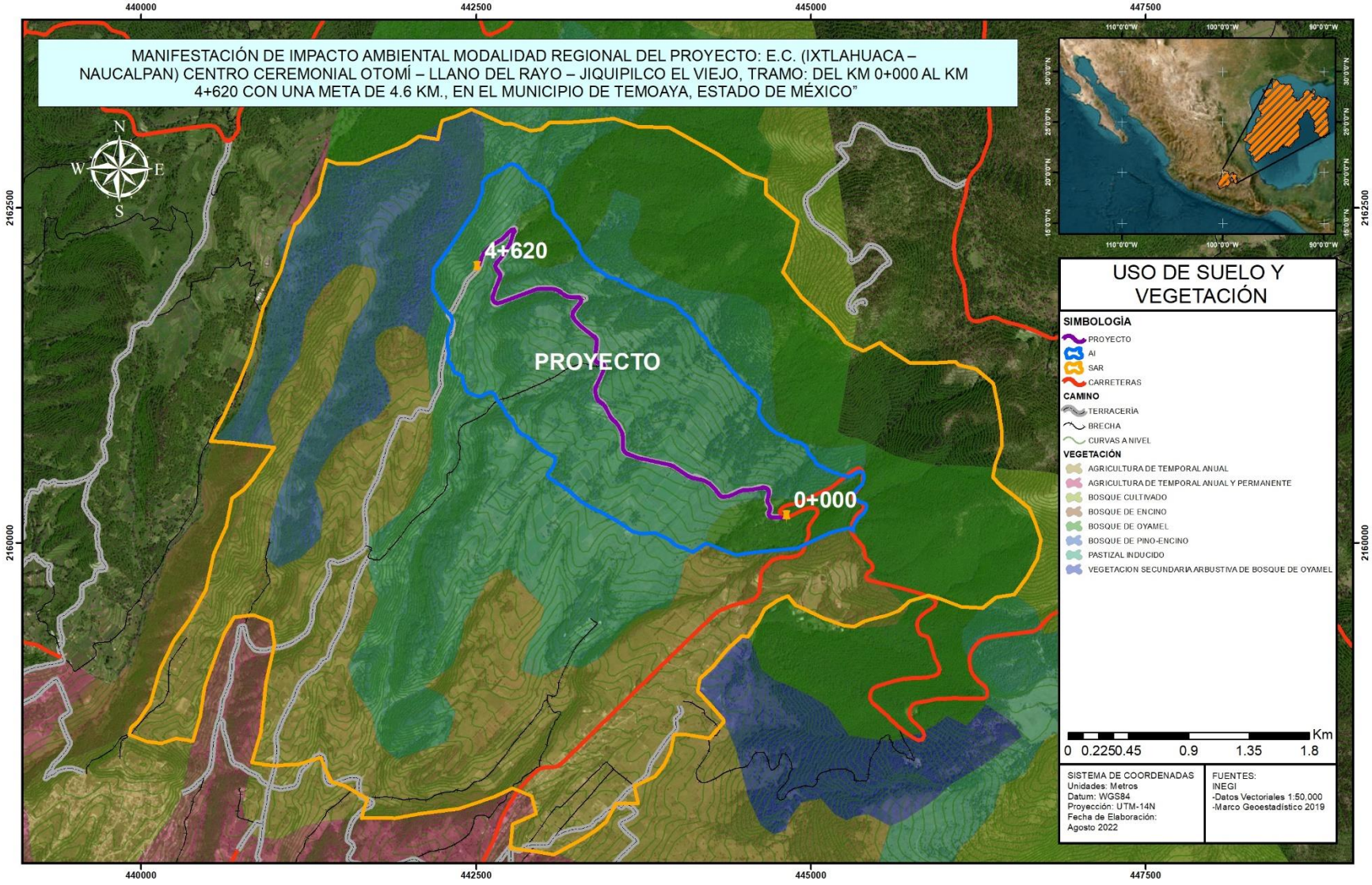
El uso de suelo y vegetación mayormente representada dentro del Área de Influencia del proyecto es Pastizal Inducido con 386.08 Ha del total del SAR, en segunda instancia le sigue la Vegetación con vocación forestal de Bosque de Oyamel con 54.76 Ha del total del SAR. Lo anterior afirmado se puede corroborar en la siguiente tabla:

Tabla IV. 28. Usos de suelo y vegetación ocupados en el Área de Influencia capa USV Serie VII INEGI.

SUPERFICIE ÁREA DE INFLUENCIA INEGI SERIE VII = 440.84 Ha			
CVE_UNION	DESCRIPCIÓN	AREA_HA	PORCENTAJE %
BA	Bosque de Oyamel	54.76	12%
PI	Pastizal Inducido	386.08	88%
TOTAL		440.84	100%

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Imagen IV. 54. Uso de suelo y Vegetación del SAR, carta INEGI serie VII de uso de suelo y Vegetación.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

A continuación, se realiza una descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación con vocación forestal encontrados dentro del SAR, AI y Área del Proyecto, apoyados de la guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación del INEGI Serie VII.

BOSQUE DE OYAMEL

Se presenta en forma de manchones aislados, muchas veces restringido a laderas o a cañadas, protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa. La mayor extensión se presenta en las serranías del Eje Neovolcánico, en la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental en donde se conocen dos áreas de importancia en el Cerro del Potosí y Cerro de San Antonio Peña Nevada en Nuevo León y Tamaulipas, y en la Sierra de Juárez en Baja California. Se desarrolla en climas templados y semifríos, húmedos, entre los 2 000 y los 3 600m de altitud, con una temperatura media anual que oscila entre 6 y 18°C, una precipitación que varía de 600 a 3 000mm, con una pendiente por arriba del 40%, y en exposición preferentemente norte, noreste y noroeste. El sustrato predominante es de rocas ígneas como andesitas y basalto, y los suelos son adosoles, leptosoles, cambisoles y acrisoles.

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

Fotografía IV. 8. Bosque de Oyamel.







Este tipo de uso de suelo y vegetación se encuentra al Norte y Noreste del SAR, en el cual existen especímenes característicos como *Abies religiosa, Pinus pseudostrobus, Fuchsia microphylla, Quercus sideroxyla* entre otras especies.

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

BOSQUE DE PINO-ENCINO

Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2 500mm anuales. Se concentran entre los 1 200 y los 3 200m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros. Alcanzan alturas de 8 a 35m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año.

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

Fotografía IV. 9. Bosque de Pino-Encino.







Este tipo de uso de suelo y vegetación se encuentra en la parte Noroeste e del SAR, en el cual existen especímenes característicos como *Pinus montezumae, Pinus pseudostrobus, Quercus laurina, Quercus glaucoides,* entre otras especies.

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

CARACTERÍSTICAS DE LA VEGETACIÓN.

De la superficie total del SAR (2231.75 ha), solo se ocuparán para el proyecto 4.36 ha, que representan el 0.19 % de toda la superficie del SAR, es decir que el 99.81 % del SAR no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto, en lo que concierne al AI de su área total (440.84 ha) dicha ocupación del proyecto representa el 0.98 %, es decir que el 99.02% del AI no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto destacando que la movilidad de la sociedad y la economía es la que incluirá en ese espacio territorial. Se tiene que el área total ocupada por el proyecto será de 4.36 ha, de las cuales 2.08 ha pertenecen al Camino existente y 2.28 ha corresponden a la superficie a afectar por el trazo del proyecto, de los cuales el Uso de Suelo y Vegetación de Pastizal Inducido ocupa un área de 95.06 % y el Bosque de Oyamel con 4.94 % de dicha área.

Tabla IV. 29. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto.

TIPO DE VEGETACIÓN DEL SAR A SER AFECTADA POR EL PROYECTO	SUPERFICIE EN EL SAR (HA)	SUPERFICIE EN EL AI (HA)	SUP. OCUPADA POR EL TRAZO (HA)	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL SAR	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL AI
Camino Existente	-	-	2.08	0.093	0.471
Bosque de Oyamel	462.73	54.76	0.11	0.004	0.024
Bosque de Pino-Encino	240.87	-	-	-	-
Pastizal Inducido	819.69	386.08	2.17	0.097	0.492
Agricultura de Temporal Anual	708.46	-	-	-	-
Total	2231.75	440.84	4.36	0.19	0.98

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Cabe puntualizar que, debido a la apertura del proyecto, será necesaria la afectación de 0.11 Ha de bosque de oyamel en el proyecto, pero la misma se trata de una zona que no presenta una continuidad a lo largo del proyecto, se identifican varios polígonos de fragmentación en esta zona y la afectación solo será en las zonas colindantes de la obra, motivo por el cual no será necesario solicitar cambio de uso de suelo producto de la afectación de oyamel

Imagen IV. 55 Sitios de fragmentación del bosque de oyamel



COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.

Con la finalidad de conocer la composición florística del SAR y el área del trazo proyectado, como ya se ha señalado se realizaron 5 muestreos, el acumulado de los mismos se muestra a continuación.

Tabla IV. 30. Acumulado del sitio de muestreo 1.

CONGLOMERADO 1							
Uso de Suelo y Vegetación	Bosque de Pino-Encino	Coordenadas		Longitud	441481	Latitud	2162609
Familia	Especie	Nombre común	Frecuencia	Altura (m)	DAP y /o Longitud (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	8	8.2	95	A	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	12	1.8	12	Ar	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	5	5.7	67	A	Sin estatus
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	10	0.4	14	H	Sin estatus
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	2	4.1	59	A	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	25	1.2	33	H	Sin estatus
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	31	0.3	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	7	0.4	13	H	Sin estatus
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	11	1.6	12	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	10	0.4	15	H	Sin estatus
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	4	0.5	10	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	16	1.2	22	H	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	2	4.3	66	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	4	8.3	78	A	Sin estatus
Total			147				

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

.

Tabla IV. 31. Acumulado del sitio de muestreo 2.

CONGLOMERADO 2							
Uso de Suelo y Vegetación	Bosque de Pino-Encino	Coordenadas		Longitud	441182	Latitud	2160224
Familia	Especie	Nombre común	Frecuencia	Altura (m)	DAP y /o Longitud (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	8	7.3	84	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	2	4.9	55	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	4	4.6	51	A	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	20	1.1	23	H	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	3	4.8	57	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	11	7.9	79	A	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	5	0.5	22	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	8	0.4	14	H	Sin estatus
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	8	1.4	12	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	12	0.3	18	H	Sin estatus
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	6	0.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	16	1.4	11	Ar	Sin estatus
Total			103				

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 32. Acumulado del sitio de muestreo 3.

CONGLOMERADO 3							
Uso de Suelo y Vegetación	Bosque de Oyamel	Coordenadas		Longitud	444162	Latitud	2162682
Familia	Especie	Nombre común	Frecuencia	Altura (m)	DAP y /o Longitud (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	35	1.6	18	Ar	Sin estatus
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	15	1.2	10	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	4	9.8	94	A	Sin estatus
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	6	1.8	11	H	Sin estatus
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	21	0.5	19	H	Sin estatus
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	14	8.9	104	A	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	3	3.8	55	A	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	45	0.7	12	H	Sin estatus
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	12	0.4	10	Ar	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	7	5.2	56	A	Sin estatus
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	10	0.4	13	H	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	8	5.9	75	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	5	4.8	69	A	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	13	0.4	66	Ar	Sin estatus
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	7	0.5	16	Ar	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	9	0.4	20	H	Sin estatus
	Total		214				

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 33. Acumulado del sitio de muestreo 4.

CONGLOMERADO 4							
Uso de Suelo y Vegetación	Bosque de Oyamel	Coordenadas		Longitud	446550	Latitud	2159901
Familia	Especie	Nombre común	Frecuencia	Altura (m)	DAP y /o Longitud (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	30	1.3	18	Ar	Sin estatus
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	8	0.5	11	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	5	8.4	90	A	Sin estatus
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	4	1.5	12	H	Sin estatus
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	15	0.4	20	H	Sin estatus
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	16	8.2	98	A	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	39	0.4	13	H	Sin estatus
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	13	0.5	10	Ar	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	5	4.8	57	A	Sin estatus
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	11	0.4	14	H	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	8	5.9	75	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	6	4.9	70	A	Sin estatus
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	11	0.5	17	Ar	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	10	0.4	19	H	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	3	4.8	68	A	Sin estatus
	Total		184				

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 34. Acumulado del sitio de muestreo 5.

CONGLOMERADO 5							
Uso de Suelo y Vegetación	**Bosque de Oyamel**	**Coordenadas**		**Longitud**	**444746**	**Latitud**	**2160197**
Familia	**Especie**	**Nombre común**	**Frecuencia**	**Altura (m)**	**DAP y /o Longitud (cm)**	**FB**	**NOM-059-SEMARNAT**
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	4.8	44	A	**Pr**
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	0.4	12	Ar	**Sin estatus**
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	4.8	55	A	**Sin estatus**
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	1.4	21	H	**Sin estatus**
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	0.4	42	A	**Sin estatus**
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	5.7	65	A	**Sin estatus**
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	0.4	12	H	**Sin estatus**
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	1.4	10	A	**Sin estatus**
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	0.4	19	H	**Sin estatus**
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	0.7	11	H	**Sin estatus**
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	1.2	20	Ar	**Sin estatus**
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	0.4	10	H	**Sin estatus**
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	0.5	12	H	**Sin estatus**
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	0.3	13	Ar	**Sin estatus**
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	4	6.2	66	A	**Sin estatus**
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	1	5.2	78	A	**Sin estatus**
	Total		**138**				

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN.

Para el análisis de la composición florística y valor estructural se utilizaron las siguientes ecuaciones:

El índice de Simpson (Krebs, 1998), el cual indica la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una muestra sean de la misma especie, la fórmula utilizada es la siguiente:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{s} n_i\,(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

Dónde:
S: es el número de especies.
N: es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas).
ni: es el número de ejemplares por especie.

Este índice está altamente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974), y su complemento (1-D) representa una medida de diversidad. El índice de Shannon, este índice mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una muestra, (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre 0, cuando hay una sola especie, y el valor máximo suele ser cercano a 5 (puede haber ecosistemas que lo superen), que indica que todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = \sum_{i=1}^{s} pi\ log_2(pi)$$

Dónde:
S: número de especies (la riqueza de especies)
Pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): $\frac{n_i}{N}$
ni: número de individuos de la especie i
N: número de todos los individuos de todas las especies.

La Equitatividad mide el grado de igualdad de distribución de la abundancia (número de individuos, cobertura, biomasa) de las especies; el valor máximo es de 1 y ocurre cuando todas las especies presentan la misma abundancia. La fórmula utilizada para equitatividad es la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Dónde:
H´: índice de diversidad
H´max = valor máximo de D

Con la finalidad de jerarquizar la dominancia de cada especie en cada tipo de vegetación por los que atraviesa el trazo del proyecto, se utilizó el siguiente índice de valoración estructural: Índice de Valor de Importancia (IVI) (Zarco-Espinosa et al., 2010). Éste se calculó de la siguiente manera:

IVI = Dominancia relativa +
Densidad relativa +
Frecuencia relativa

La dominancia (estimador de biomasa: área basal, cobertura) relativa se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia absoluta por especie}}{\text{Dominancia absoluta de todas las especies}} X\ 100$$

Dónde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

El área basal (AB) de los árboles se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

La densidad relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} X\ 100$$

Dónde:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

La frecuencia relativa se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} X\ 100$$

Dónde:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de sitios en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de sitios muestreados por tipo de vegetación}}$$

ANÁLISIS GENERAL POR TODO EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

De los 5 muestreos realizados en todo el SAR, Área de influencia y Área del proyecto, se obtuvo una riqueza de 786 individuos pertenecientes a 44 especies, correspondientes a 21 familias. En cuanto a la estructura vertical se tiene que *Pinus pseudostrobus* es la que tiene la mayor altura con 9.8 metros, seguido de *Abies religiosa* con 8.9 metros y *Pinus montezumae* con 8.2 metros son las especies con mayor altura dentro del Sistema Ambiental Regional.

En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.95, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon fue de 3.45, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en el SAR del proyecto es Alta, con una Equitatividad (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) alta de 0.91, en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. Finalmente, el Índice Valor de Importancia nos muestra que la mayor dominancia la tiene *Abies religiosa* con 21.8 y *Pinus pseudostrobus* con 20.9, la primera es una especie primaria forma bosques que se destacan por sus funciones de protección contra la erosión, captura de carbono, captación de agua y regulación de la escorrentía, además, ofrece beneficios económicos por tener la madera más rica en celulosa, empleada en la fabricación de papel fino que alcanza los precios más altos en el mercado.

Tabla IV. 35. Estimación del Valor de Importancia del Sistema Ambiental Regional.

Familia	Especie	Nombre Común	Frecuencia	FB	NOM-059-SEMARNAT	No. Sitios	Área Basal	Dominancia Absoluta	Densidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	34	A	Sin estatus	3	8494.89	0.134	0.043	0.041	13.422	4.326	4.054	21.80
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	H	Sin estatus	1	283.53	0.004	0.006	0.014	0.448	0.636	1.351	2.44
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	5	Ar	Sin estatus	1	380.13	0.006	0.006	0.014	0.601	0.636	1.351	2.59
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	22	H	Sin estatus	2	176.72	0.003	0.028	0.027	0.279	2.799	2.703	5.78
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	Ar	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.006	0.014	0.179	0.636	1.351	2.17
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	8	A	Sin estatus	3	3631.69	0.057	0.010	0.041	5.738	1.018	4.054	10.81
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	H	Sin estatus	1	95.03	0.002	0.009	0.014	0.150	0.891	1.351	2.39
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	3	A	Sin estatus	1	2375.84	0.038	0.004	0.014	3.754	0.382	1.351	5.49
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	H	Sin estatus	1	346.36	0.005	0.045	0.014	0.547	4.453	1.351	6.35
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	65	Ar	Sin estatus	2	254.47	0.004	0.083	0.027	0.402	8.270	2.703	11.37
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	Ar	Sin estatus	1	314.16	0.005	0.018	0.014	0.496	1.781	1.351	3.63
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	23	A	Sin estatus	2	78.54	0.001	0.029	0.027	0.124	2.926	2.703	5.75
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	10	H	Sin estatus	2	95.03	0.002	0.013	0.027	0.150	1.272	2.703	4.13
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	H	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.015	0.014	0.179	1.527	1.351	3.06
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	A	**Pr**	1	1520.53	0.024	0.003	0.014	2.402	0.254	1.351	4.01
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	25	Ar	Sin estatus	2	78.54	0.001	0.032	0.027	0.124	3.181	2.703	6.01
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	2	A	Sin estatus	1	2733.98	0.043	0.003	0.014	4.320	0.254	1.351	5.93
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	10	H	Sin estatus	2	78.54	0.001	0.013	0.027	0.124	1.272	2.703	4.10
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	21	H	Sin estatus	2	153.94	0.002	0.027	0.027	0.243	2.672	2.703	5.62
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	36	H	Sin estatus	2	283.53	0.004	0.046	0.027	0.448	4.580	2.703	7.73
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	36	H	Sin estatus	2	380.13	0.006	0.046	0.027	0.601	4.580	2.703	7.88
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	25	H	Sin estatus	1	855.30	0.014	0.032	0.014	1.351	3.181	1.351	5.88
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	10	H	Sin estatus	1	153.94	0.002	0.013	0.014	0.243	1.272	1.351	2.87
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	31	H	Sin estatus	1	78.54	0.001	0.039	0.014	0.124	3.944	1.351	5.42
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	19	Ar	Sin estatus	2	113.10	0.002	0.024	0.027	0.179	2.417	2.703	5.30
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	A	Sin estatus	1	2375.84	0.038	0.003	0.014	3.754	0.254	1.351	5.36
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	16	A	Sin estatus	2	7088.24	0.112	0.020	0.027	11.199	2.036	2.703	15.94
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	25	A	Sin estatus	5	6939.79	0.110	0.032	0.068	10.965	3.181	6.757	20.90
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	16	A	Sin estatus	2	4417.88	0.070	0.020	0.027	6.980	2.036	2.703	11.72
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	A	Sin estatus	2	1385.45	0.022	0.003	0.027	2.189	0.254	2.703	5.15
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	7	A	Sin estatus	2	3525.66	0.056	0.009	0.027	5.571	0.891	2.703	9.16
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	15	A	Sin estatus	3	3848.46	0.061	0.019	0.041	6.081	1.908	4.054	12.04
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	12	A	Sin estatus	2	2463.01	0.039	0.015	0.027	3.892	1.527	2.703	8.12
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	84	H	Sin estatus	2	113.10	0.002	0.107	0.027	0.179	10.687	2.703	13.57
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	28	Ar	Sin estatus	2	113.10	0.002	0.036	0.027	0.179	3.562	2.703	6.44
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	A	Sin estatus	1	3318.32	0.052	0.001	0.014	5.243	0.127	1.351	6.72
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	19	H	Sin estatus	2	314.16	0.005	0.024	0.027	0.496	2.417	2.703	5.62
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	13	Ar	Sin estatus	1	3421.20	0.054	0.017	0.014	5.406	1.654	1.351	8.41
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	18	Ar	Sin estatus	2	226.98	0.004	0.023	0.027	0.359	2.290	2.703	5.35
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	Ar	Sin estatus	1	132.73	0.002	0.010	0.014	0.210	1.018	1.351	2.58
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	H	Sin estatus	1	78.54	0.001	0.011	0.014	0.124	1.145	1.351	2.62
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	A	Sin estatus	1	78.54	0.001	0.017	0.014	0.124	1.654	1.351	3.13
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	15	H	Sin estatus	2	153.94	0.002	0.019	0.027	0.243	1.908	2.703	4.85
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	H	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.023	0.014	0.179	2.290	1.351	3.82

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 36. Relación de índices del Sistema Ambiental Regional.

CONCEPTO	RESULTADO
Especies	44
Individuos	786
Dominancia	0.04077
Índice de Simpson	0.9592
Índice de Shannon	3.458
Equitatividad	0.9137

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

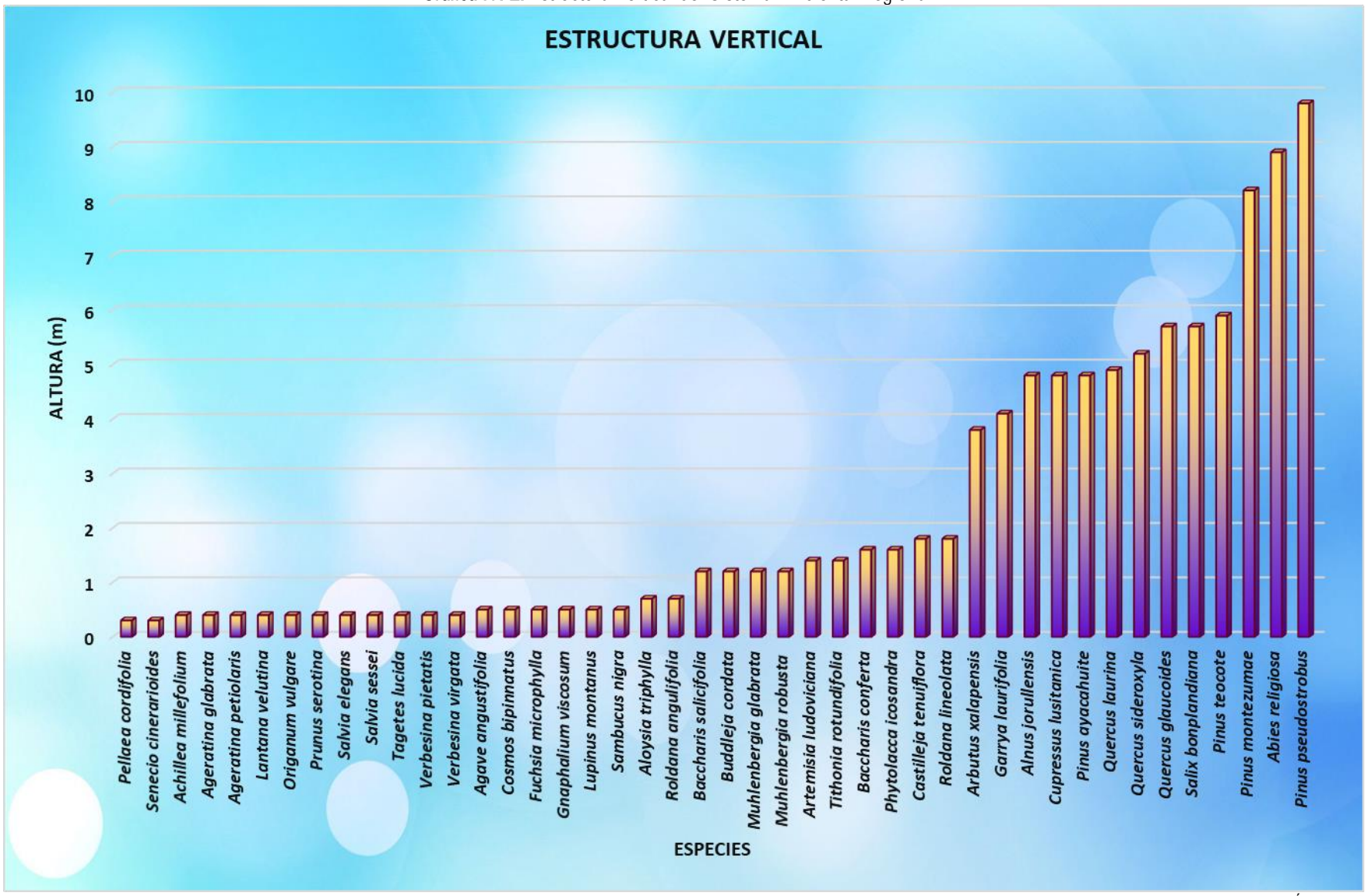
Tabla IV. 37. Estructura vertical del Sistema Ambiental Regional.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	ALTURA (M)	DAP Y/O LONGITUD (CM)	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	31	0.3	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	0.3	13	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	0.4	19	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	22	0.4	15	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	0.4	12	Ar	Sin estatus
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	21	0.4	14	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	10	0.4	14	H	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	0.4	42	A	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	19	0.4	20	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	13	0.4	66	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	0.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	15	0.4	14	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	0.4	12	H	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	5	0.5	22	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	0.5	12	H	Sin estatus
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	25	0.5	10	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	10	0.5	10	H	Sin estatus
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	36	0.5	19	H	Sin estatus
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	18	0.5	17	Ar	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	0.7	11	H	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	84	0.7	12	H	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	1.2	20	Ar	Sin estatus
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	23	1.2	10	A	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	36	1.2	22	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	25	1.2	33	H	Sin estatus
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	1.4	21	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	1.4	10	A	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	65	1.6	18	Ar	Sin estatus
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	19	1.6	12	Ar	Sin estatus

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	ALTURA (M)	DAP Y/O LONGITUD (CM)	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	10	1.8	11	H	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	28	1.8	12	Ar	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	3	3.8	55	A	Sin estatus
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	2	4.1	59	A	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	8	4.8	68	A	Sin estatus
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	4.8	44	A	Pr
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	4.8	55	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	15	4.9	70	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	12	5.2	56	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	7	5.7	67	A	Sin estatus
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	5.7	65	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	16	5.9	75	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	16	8.2	95	A	Sin estatus
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	34	8.9	104	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	25	9.8	94	A	Sin estatus

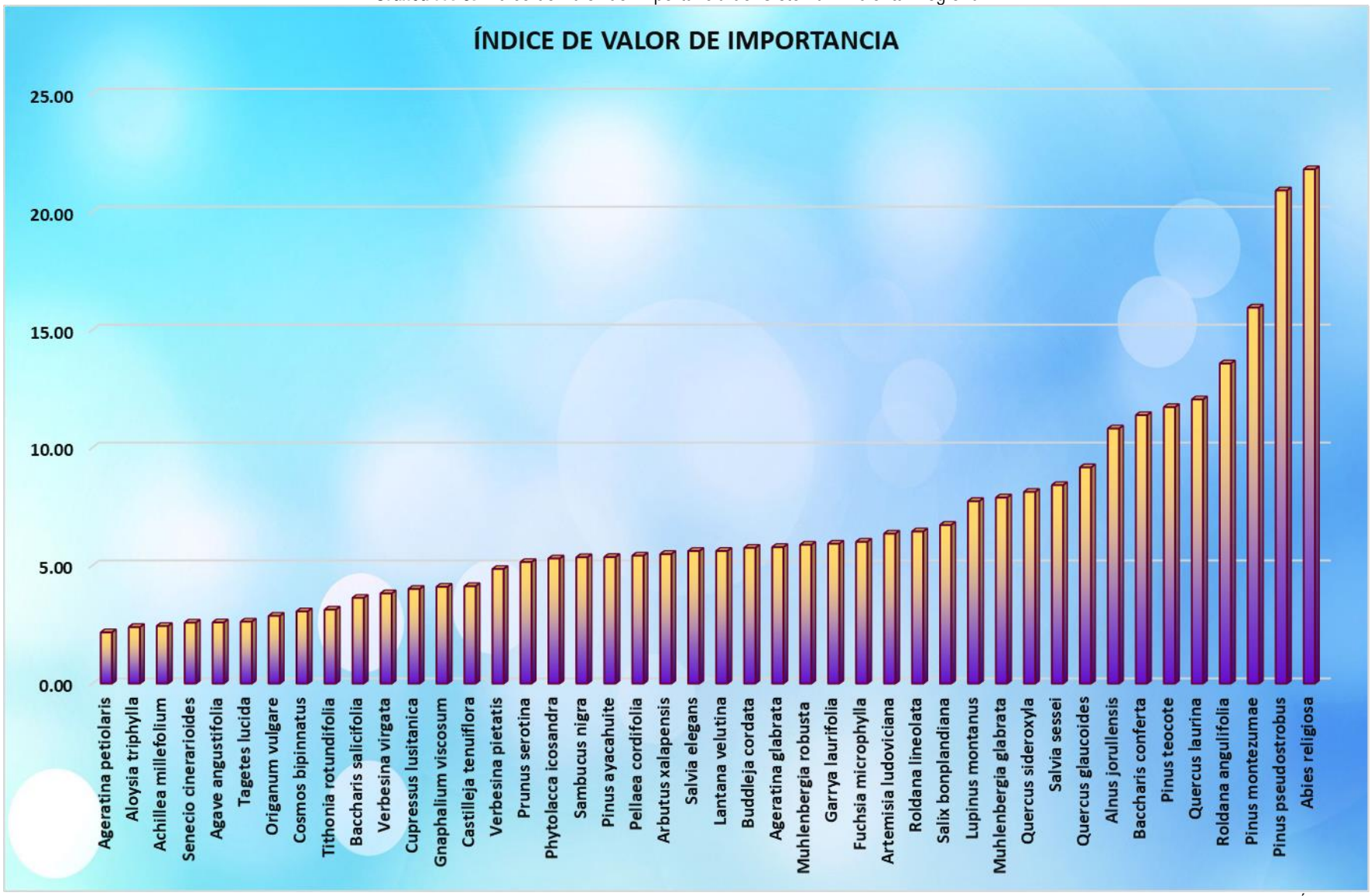
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 2. Estructura Vertical del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 3. Índice de Valor de Importancia del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

ANÁLISIS POR TIPO DE VEGETACIÓN EN EL SAR.

A continuación, se realiza el análisis correspondiente por tipo de Uso de Suelo y Vegetación con vocación forestal encontrado en el SAR, Área de Influencia y el Área del proyecto.

BOSQUE DE OYAMEL.

En este tipo de vegetación se encontró una riqueza de 536 individuos pertenecientes a 31 especies, pertenecientes a 16 familias. En cuanto a la estructura vertical se tiene que *Pinus pseudostrobus* con 9.8 metros es el que ocupa la primera posición en este sentido y *Abies religiosa* le sigue con 8.9 metros. En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.93, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon fue de 3.01, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en este uso de suelo del proyecto es Media, con una Equitatividad Alta (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) de 0.87, en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. Finalmente, el Índice Valor de Importancia nos muestra que *Abies religiosa* presento el valor más alto con 30.63, *Pinus pseudostrobus* con 22.87 y *Roldana angulifolia* 20.17, las comunidades vegetales dominadas por especies de *Abies*, denominadas "bosque de oyamel", suelen ser más densas en comparación con los bosques de *Pinus*, con alto volumen de germoplasma y con estratos arbustivo, herbáceo y rastrero bien definidos, que representan mayor riqueza biológica. De igual forma, el follaje abundante de los oyameles proporciona un ambiente de sombra y humedad que permite la
proliferación de hongos, hepáticas, musgos y helechos.

Tabla IV. 38. Estimación del Valor de Importancia de Bosque de Oyamel.

Familia	Especie	Nombre Común	Frecuencia	FB	NOM-059-SEMARNAT	No. Sitios	Área Basal	Dominancia Absoluta	Densidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	34	A	Sin estatus	3	8494.89	0.179	0.063	0.064	17.899	6.343	6.383	30.63
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	H	Sin estatus	1	283.53	0.006	0.009	0.021	0.597	0.933	2.128	3.66
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	Ar	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.009	0.021	0.238	0.933	2.128	3.30
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	3	A	Sin estatus	1	3631.69	0.077	0.006	0.021	7.652	0.560	2.128	10.34
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	H	Sin estatus	1	95.03	0.002	0.013	0.021	0.200	1.306	2.128	3.63
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	3	A	Sin estatus	1	2375.84	0.050	0.006	0.021	5.006	0.560	2.128	7.69
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	H	Sin estatus	1	346.36	0.007	0.065	0.021	0.730	6.530	2.128	9.39
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	65	Ar	Sin estatus	2	254.47	0.005	0.121	0.043	0.536	12.127	4.255	16.92
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	Ar	Sin estatus	1	314.16	0.007	0.026	0.021	0.662	2.612	2.128	5.40
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	23	A	Sin estatus	2	78.54	0.002	0.043	0.043	0.165	4.291	4.255	8.71
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	10	H	Sin estatus	2	95.03	0.002	0.019	0.043	0.200	1.866	4.255	6.32
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	H	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.022	0.021	0.238	2.239	2.128	4.60
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	A	**Pr**	1	1520.53	0.032	0.004	0.021	3.204	0.373	2.128	5.70
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	25	Ar	Sin estatus	2	78.54	0.002	0.047	0.043	0.165	4.664	4.255	9.08
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	21	H	Sin estatus	2	153.94	0.003	0.039	0.043	0.324	3.918	4.255	8.50
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	36	H	Sin estatus	2	283.53	0.006	0.067	0.043	0.597	6.716	4.255	11.57
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	A	Sin estatus	1	2375.84	0.050	0.004	0.021	5.006	0.373	2.128	7.51
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	10	A	Sin estatus	3	6939.79	0.146	0.019	0.064	14.623	1.866	6.383	22.87
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	16	A	Sin estatus	2	4417.88	0.093	0.030	0.043	9.309	2.985	4.255	16.55
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	A	Sin estatus	1	1385.45	0.029	0.004	0.021	2.919	0.373	2.128	5.42
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	11	A	Sin estatus	2	3848.46	0.081	0.021	0.043	8.109	2.052	4.255	14.42
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	12	A	Sin estatus	2	2463.01	0.052	0.022	0.043	5.190	2.239	4.255	11.68
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	84	H	Sin estatus	2	113.10	0.002	0.157	0.043	0.238	15.672	4.255	20.17
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	A	Sin estatus	1	3318.32	0.070	0.002	0.021	6.992	0.187	2.128	9.31
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	19	H	Sin estatus	2	314.16	0.007	0.035	0.043	0.662	3.545	4.255	8.46
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	13	Ar	Sin estatus	1	3421.20	0.072	0.024	0.021	7.209	2.425	2.128	11.76
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	18	Ar	Sin estatus	2	226.98	0.005	0.034	0.043	0.478	3.358	4.255	8.09
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	Ar	Sin estatus	1	132.73	0.003	0.015	0.021	0.280	1.493	2.128	3.90
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	H	Sin estatus	1	78.54	0.002	0.017	0.021	0.165	1.679	2.128	3.97
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	A	Sin estatus	1	78.54	0.002	0.024	0.021	0.165	2.425	2.128	4.72
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	H	Sin estatus	1	113.10	0.002	0.034	0.021	0.238	3.358	2.128	5.72

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 39. Relación de índices de Bosque de Oyamel.

CONCEPTO	RESULTADO
Especies	31
Individuos	536
Dominancia	0.06696
Índice de Simpson	0.933
Índice de Shannon	3.019
Equitatividad	0.879

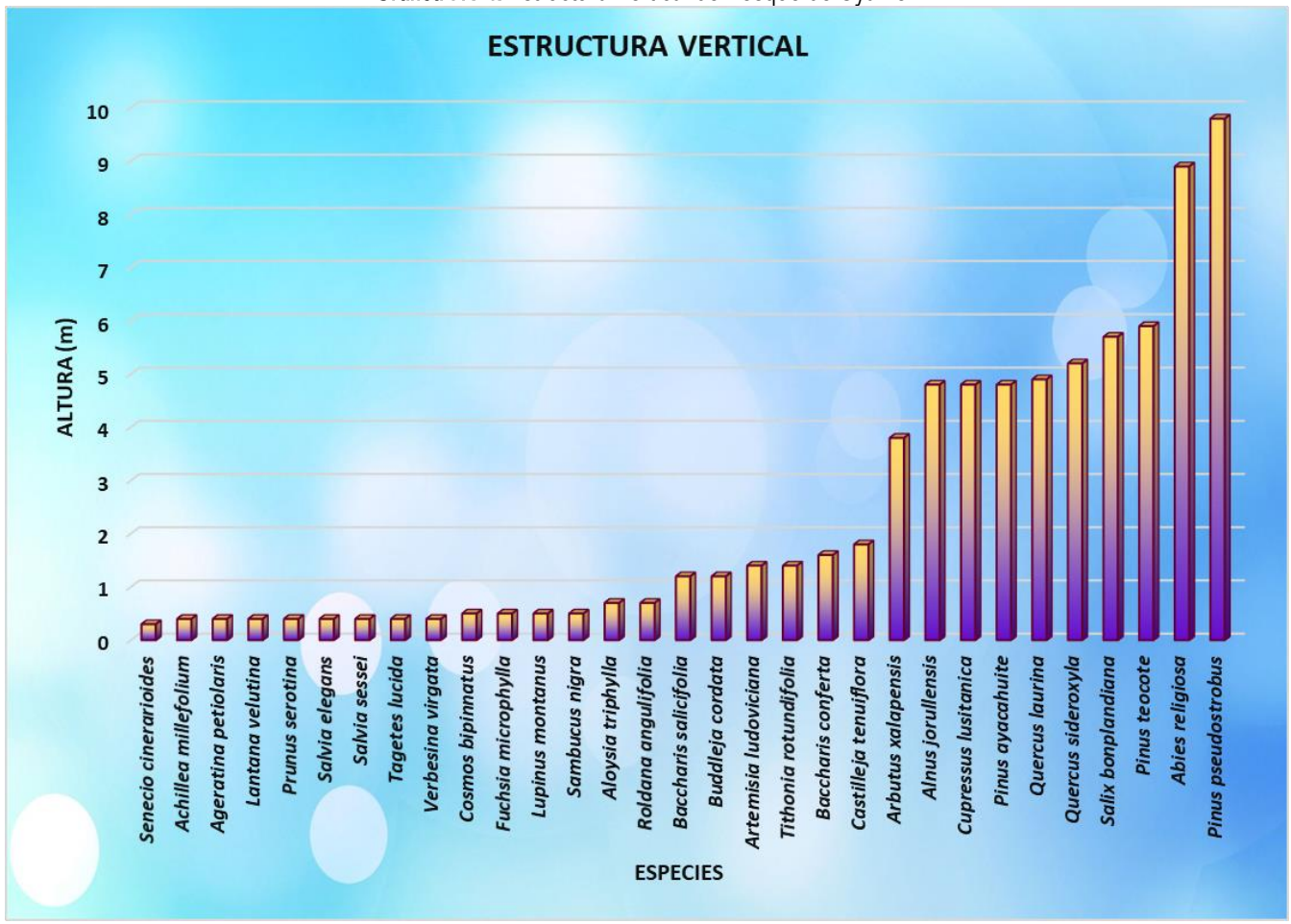
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 40. Estructura vertical de Bosque de Oyamel.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	ALTURA (M)	DAP Y/O LONGITUD (CM)	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	0.3	13	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	0.4	19	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	0.4	12	Ar	Sin estatus
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	11	0.4	14	H	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	0.4	42	A	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	9	0.4	20	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	13	0.4	66	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	0.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	0.4	12	H	Sin estatus
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	0.5	12	H	Sin estatus
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	13	0.5	10	Ar	Sin estatus
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	21	0.5	19	H	Sin estatus
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	11	0.5	17	Ar	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	0.7	11	H	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	45	0.7	12	H	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	1.2	20	Ar	Sin estatus
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	15	1.2	10	A	Sin estatus
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	1.4	21	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	1.4	10	A	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	35	1.6	18	Ar	Sin estatus
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	6	1.8	11	H	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	3	3.8	55	A	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	3	4.8	68	A	Sin estatus
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	4.8	44	A	**Pr**
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	4.8	55	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	6	4.9	70	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	7	5.2	56	A	Sin estatus
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	5.7	65	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	8	5.9	75	A	Sin estatus
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	14	8.9	104	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	4	9.8	94	A	Sin estatus

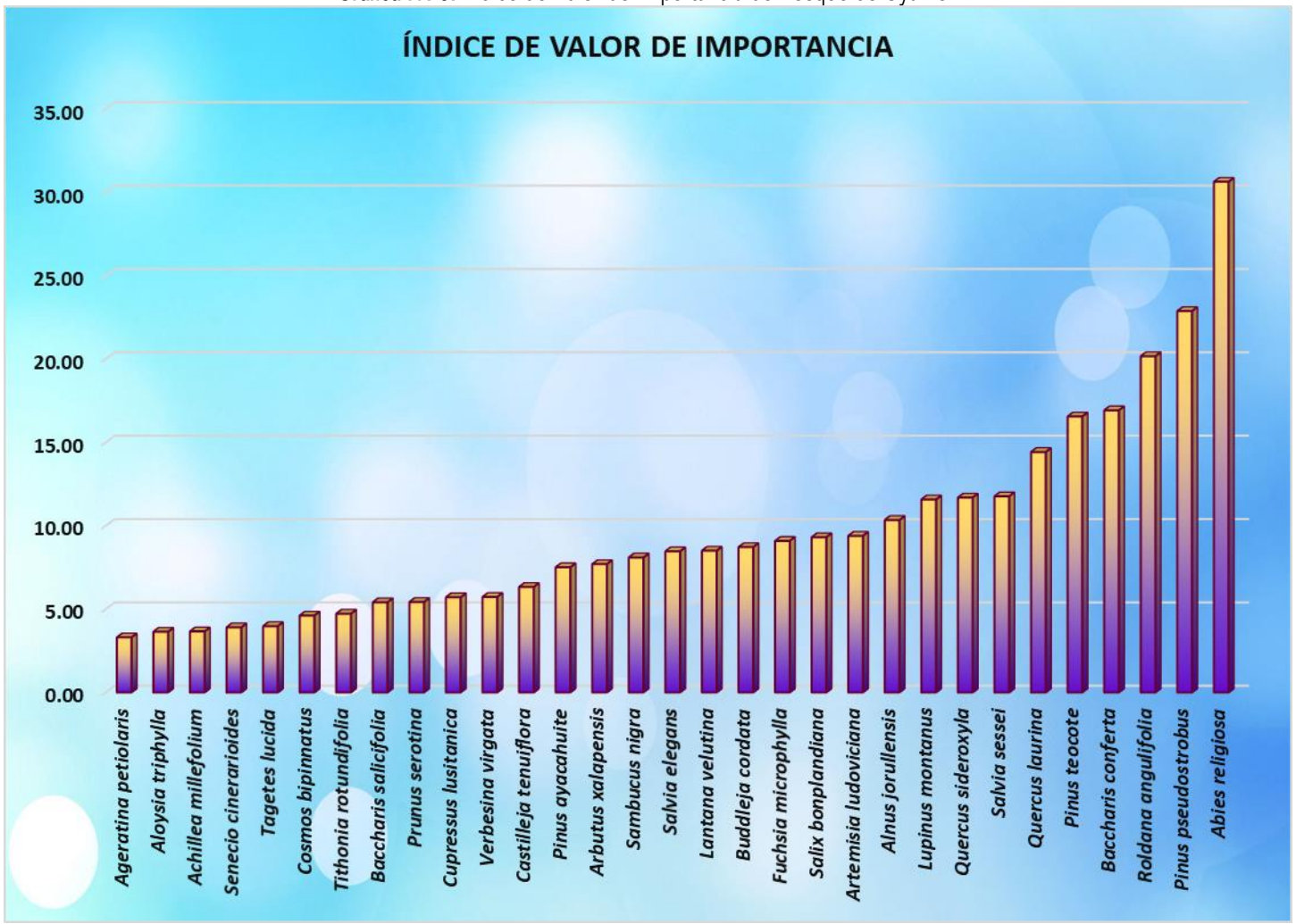
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 4. Estructura Vertical de Bosque de Oyamel.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 5. Índice de Valor de Importancia de Bosque de Oyamel.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

BOSQUE DE PINO-ENCINO.

En este tipo de vegetación se encontró una riqueza de 250 individuos pertenecientes a 16 especies, correspondientes a 10 familias. En cuanto a la estructura vertical se tiene que *Pinus pseudostrobus* con 8.3 metros es el que ocupa la primera posición en este sentido y *Pinus montezumae* con 8.2 metros en la segunda posición. En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.91, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon fue de 2.55, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en este uso de suelo del proyecto es Media, con una Equitatividad Alta (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) de 0.92, en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. Finalmente, el Índice Valor de Importancia nos muestra que la mayor dominancia la tiene *Pinus montezumae* con 42.24, *Pinus pseudostrobus* con 32.67 y *Quercus glaucoides* 24.49. *Pinus montezumae* es la segunda especie más utilizada en los programas de reforestación y restauración de suelos degradados en los bosques templados de México, principalmente en los estados de la zona centro y sureste, debido al valor de la madera que es empleada en la construcción y en la industria para la obtención de chapa, celulosa, papel, minas, durmientes, postes, muebles, duelas y resina.

Tabla IV. 41. Estimación del Valor de Importancia de Bosque de Pino-Encino.

Familia	Especie	Nombre Común	Frecuencia	FB	NOM-059-SEMARNAT	No. Sitios	Área Basal	Dominancia Absoluta	Densidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	5	Ar	Sin estatus	1	380.13	0.015	0.02	0.038	1.509	2	3.85	7.36
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	22	H	Sin estatus	2	176.72	0.007	0.088	0.077	0.702	8.8	7.69	17.19
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	5	A	Sin estatus	2	2551.76	0.101	0.02	0.077	10.133	2	7.69	19.83
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	2	A	Sin estatus	1	2733.98	0.109	0.008	0.038	10.856	0.8	3.85	15.50
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	10	H	Sin estatus	2	78.54	0.003	0.04	0.077	0.312	4	7.69	12.00
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	36	H	Sin estatus	2	380.13	0.015	0.144	0.077	1.509	14.4	7.69	23.60
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	25	H	Sin estatus	1	855.30	0.034	0.1	0.038	3.396	10	3.85	17.24
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	10	H	Sin estatus	1	153.94	0.006	0.04	0.038	0.611	4	3.85	8.46
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	31	H	Sin estatus	1	78.54	0.003	0.124	0.038	0.312	12.4	3.85	16.56
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	19	Ar	Sin estatus	2	113.10	0.004	0.076	0.077	0.449	7.6	7.69	15.74
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	16	A	Sin estatus	2	7088.24	0.281	0.064	0.077	28.147	6.4	7.69	42.24
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	15	A	Sin estatus	2	4778.37	0.190	0.06	0.077	18.975	6	7.69	32.67
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	7	A	Sin estatus	2	3525.66	0.140	0.028	0.077	14.000	2.8	7.69	24.49
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	4	A	Sin estatus	1	2042.83	0.081	0.016	0.038	8.112	1.6	3.85	13.56
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	28	Ar	Sin estatus	2	113.10	0.004	0.112	0.077	0.449	11.2	7.69	19.34
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	15	H	Sin estatus	2	132.73	0.005	0.06	0.077	0.527	6	7.69	14.22

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 42. Relación de índices de Bosque de Pino-Encino.

CONCEPTO	RESULTADO
Especies	16
Individuos	250
Dominancia	0.08858
Índice de Simpson	0.9114
Índice de Shannon	2.556
Equitatividad	0.9217

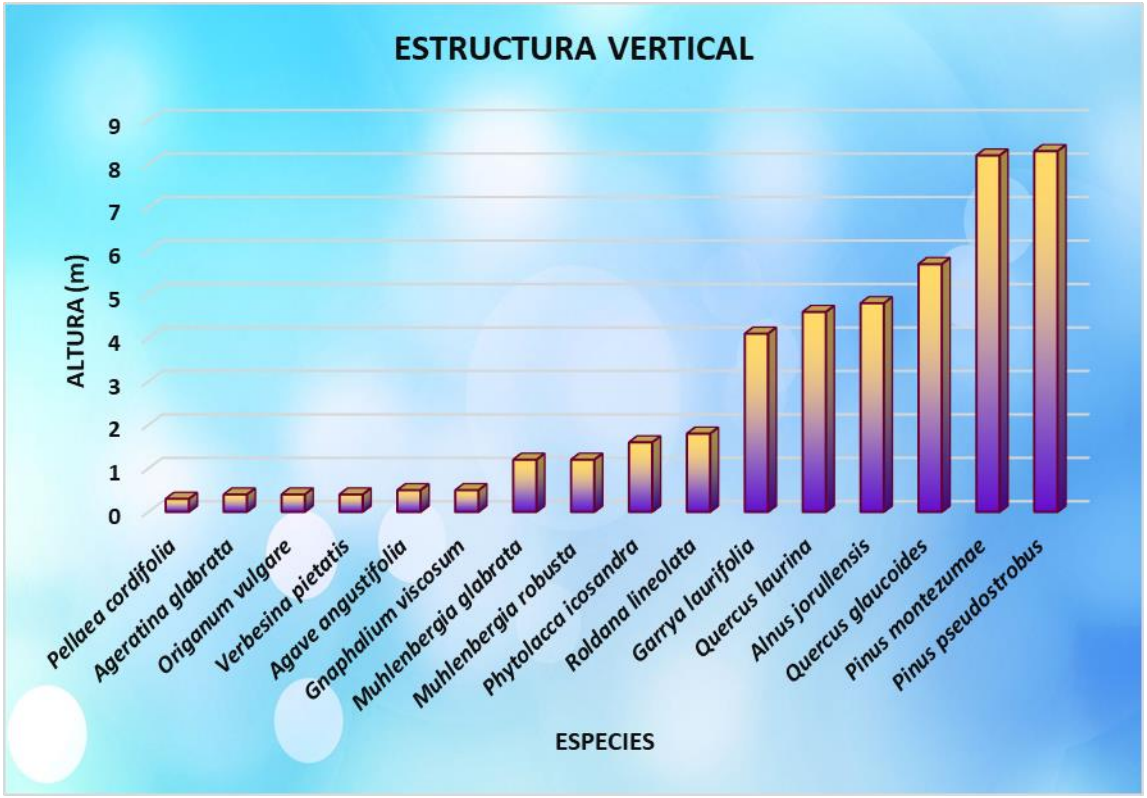
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 43. Estructura vertical de Bosque de Pino-Encino.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	ALTURA (m)	DAP Y /O LONGITUD (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	31	0.3	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	22	0.4	15	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	10	0.4	14	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	15	0.4	13	H	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	5	0.5	22	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	10	0.5	10	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	36	1.2	22	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	25	1.2	33	H	Sin estatus
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	19	1.6	12	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	28	1.8	12	Ar	Sin estatus
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	2	4.1	59	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	4	4.6	51	A	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	5	4.8	57	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	7	5.7	67	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	16	8.2	95	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	15	8.3	78	A	Sin estatus

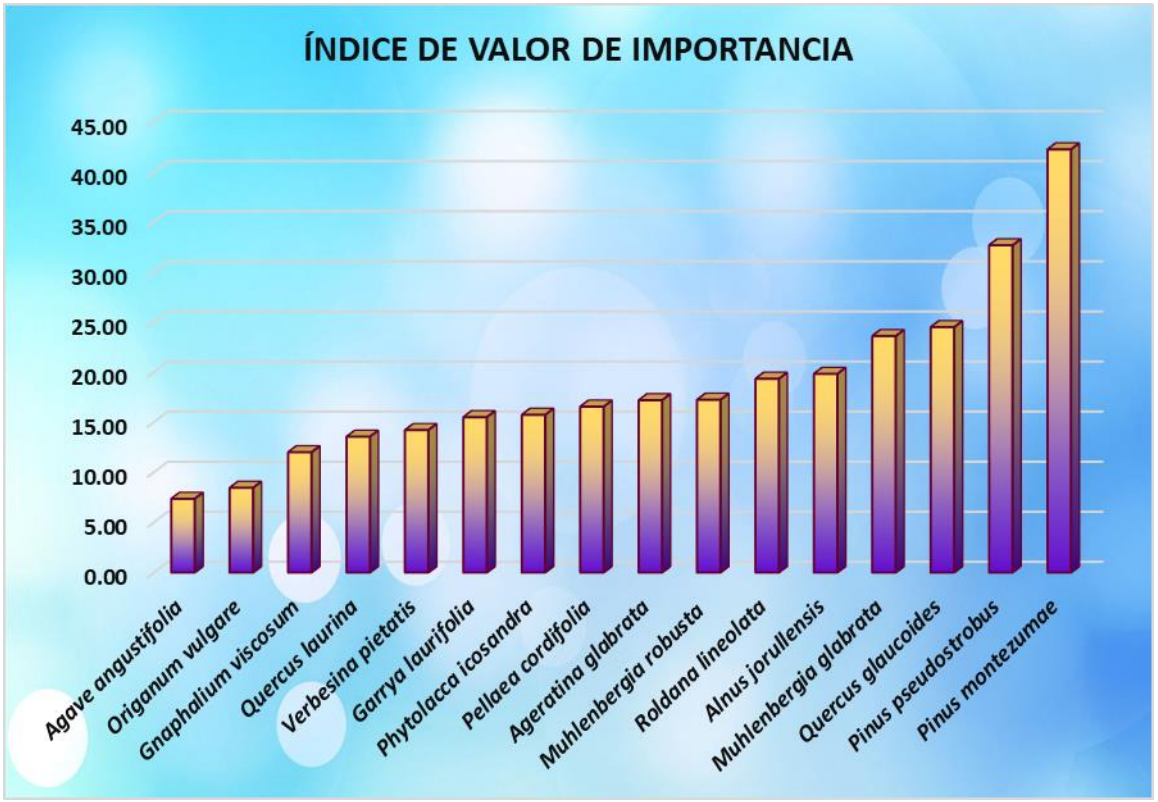
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 6. Estructura Vertical de Bosque de Pino-Encino.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 7. Índice de Valor de Importancia de Bosque de Pino-Encino.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

ANÁLISIS DEL ÁREA DE INFLUENCIA Y ÁREA DEL PROYECTO.

A continuación, se realiza un análisis del Uso de suelo y Vegetación con vocación forestal presente en el Área de Influencia y el Área del Proyecto.

En el Área de Influencia se encontró una riqueza de 138 individuos pertenecientes a 16 especies, pertenecientes a 7 familias. En cuanto a la estructura vertical se tiene que *Abies religiosa* con 6.2 metros es la que ocupa la primera posición en este sentido, seguido de *Salix bonplandiana* con 5.7 metros y en la tercera posición tenemos a *Pinus pseudostrobus* con 5.2 metros. En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.87, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon fue de 2.37, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en este uso de suelo del proyecto es Media, con una Equitatividad Alta (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) de 0.85 en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. Finalmente, el Índice Valor de Importancia nos muestra que *Artemisia ludoviciana* con 33.49 presento el valor más alto en el Área de Influencia, seguido de *Pinus pseudostrobus* con 32.85 y *Abies religiosa* con 27.67, la primera es una especie arvense, ruderal o como parte de claros en bosques y matorrales, generalmente en lugares perturbados.

Tabla IV. 44. Estimación del Valor de Importancia del Área de Influencia y Área de Proyecto.

Familia	Especie	Nombre Común	Frecuencia	FB	NOM-059-SEMARNAT	No. Sitios	Área Basal	Dominancia Absoluta	Densidad Absoluta	Frecuencia Absoluta	Dominancia Relativa	Densidad Relativa	Frecuencia Relativa	IVI
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	4	A	Sin estatus	1	3421.20	0.185	0.029	0.06	18.525	2.899	6.25	27.67
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	H	Sin estatus	1	283.53	0.015	0.036	0.06	1.535	3.623	6.25	11.41
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	Ar	Sin estatus	1	113.10	0.006	0.036	0.06	0.612	3.623	6.25	10.49
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	H	Sin estatus	1	95.03	0.005	0.051	0.06	0.515	5.072	6.25	11.84
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	H	Sin estatus	1	346.36	0.019	0.254	0.06	1.875	25.362	6.25	33.49
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	Ar	Sin estatus	1	314.16	0.017	0.101	0.06	1.701	10.145	6.25	18.10
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	H	Sin estatus	1	113.10	0.006	0.087	0.06	0.612	8.696	6.25	15.56
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	A	**Pr**	1	1520.53	0.082	0.014	0.06	8.233	1.449	6.25	15.93
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	A	Sin estatus	1	2375.84	0.129	0.014	0.06	12.865	1.449	6.25	20.56
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	1	A	Sin estatus	1	4778.37	0.259	0.007	0.06	25.874	0.725	6.25	32.85
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	A	Sin estatus	1	1385.45	0.075	0.014	0.06	7.502	1.449	6.25	15.20
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	A	Sin estatus	1	3318.32	0.180	0.007	0.06	17.968	0.725	6.25	24.94
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	Ar	Sin estatus	1	132.73	0.007	0.058	0.06	0.719	5.797	6.25	12.77
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	H	Sin estatus	1	78.54	0.004	0.065	0.06	0.425	6.522	6.25	13.20
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	A	Sin estatus	1	78.54	0.004	0.094	0.06	0.425	9.420	6.25	16.10
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	H	Sin estatus	1	113.10	0.006	0.130	0.06	0.612	13.043	6.25	19.91

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 45. Relación de índices del Área de Influencia y Área de Proyecto.

CONCEPTO	RESULTADO
Especies	16
Individuos	138
Dominancia	0.1225
Índice de Simpson	0.8775
Índice de Shannon	2.374
Equitatividad	0.8561

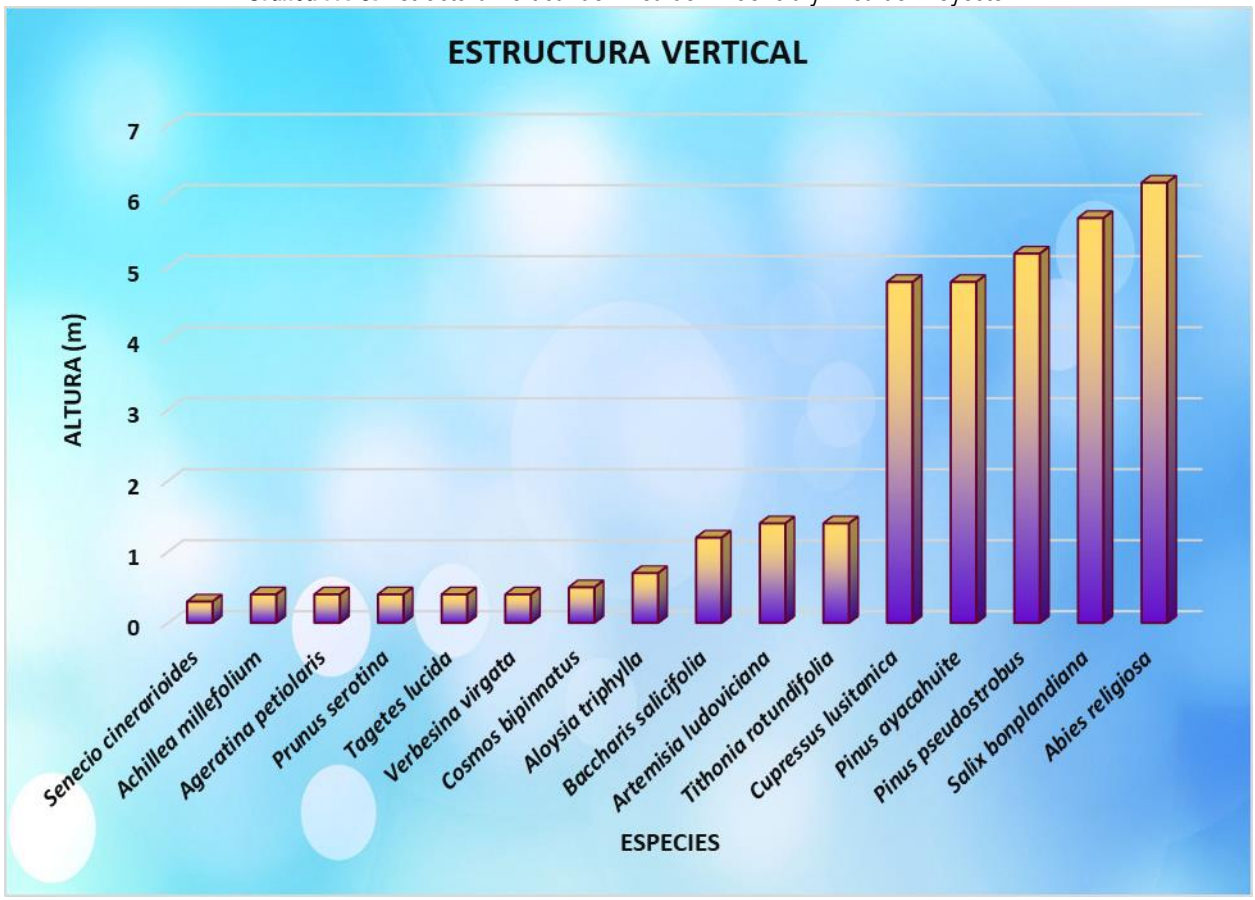
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 46. Estructura vertical del Área de Influencia y Área de Proyecto.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FRECUENCIA	ALTURA (m)	DAP Y/O LONGITUD (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	8	0.3	13	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	0.4	19	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	5	0.4	12	Ar	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	0.4	42	A	Sin estatus
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	0.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	0.4	12	H	Sin estatus
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	0.5	12	H	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	0.7	11	H	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	14	1.2	20	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	1.4	21	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	1.4	10	A	Sin estatus
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	2	4.8	44	A	**Pr**
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	4.8	55	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	1	5.2	78	A	Sin estatus
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	1	5.7	65	A	Sin estatus

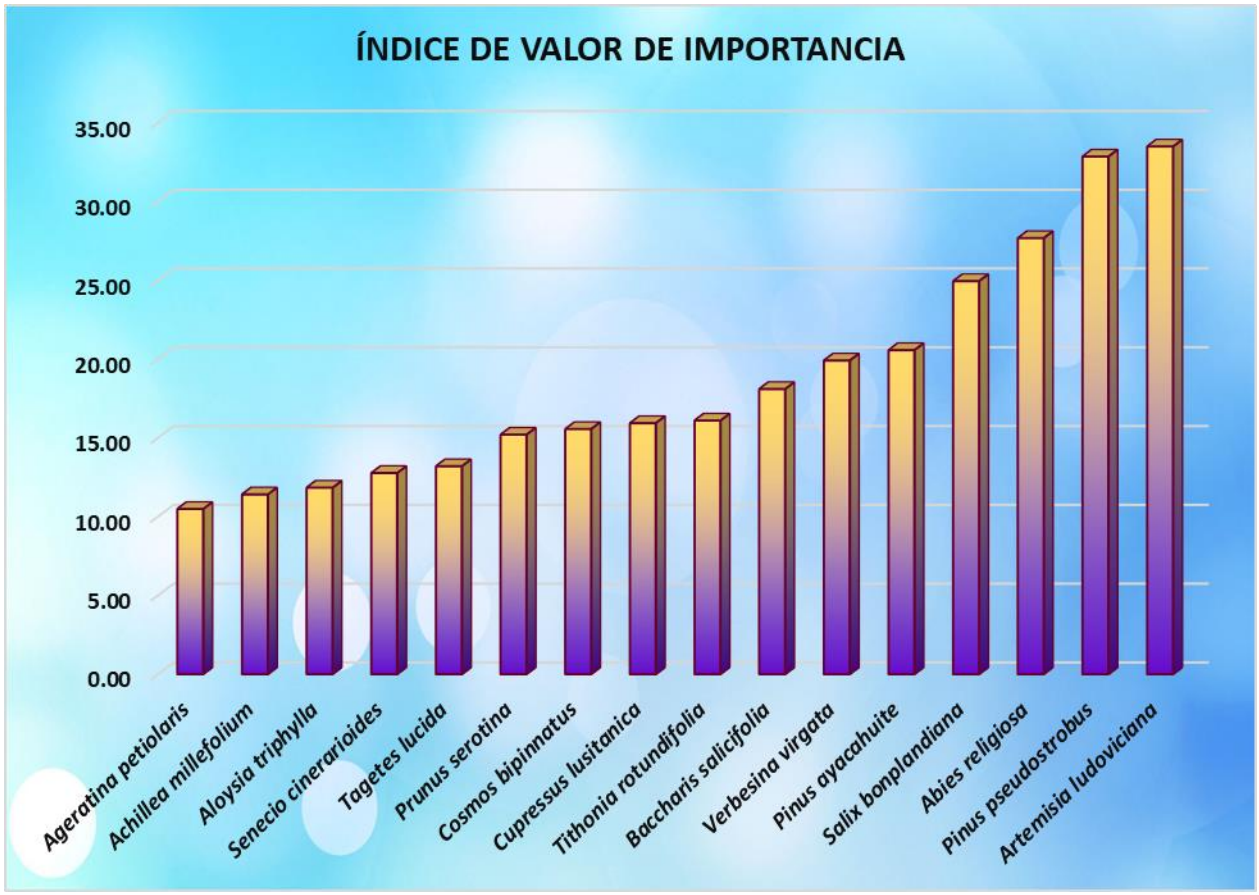
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 8. Estructura Vertical del Área de Influencia y Área de Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Gráfica IV. 9. índice de Valor de Importancia del Área de Influencia y Área de Proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

COMPARATIVO DEL SAR, ÁREA DE INFLUENCIA Y EL ÁREA DEL PROYECTO.

CONCEPTO	RESULTADO	
	SAR	Área de Influencia y Área del proyecto
Especies	44	16
Individuos	786	138
Dominancia	0.04077	0.1225
Índice de Simpson	0.9592	0.8775
Índice de Shannon	3.458	2.374
Equitatividad	0.9137	0.8561

El SAR, tiene una riqueza de 786 individuos pertenecientes a 44 especies, el Área de influencia y el Área del proyecto presentaron 138 individuos pertenecientes a 16 especies.

En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.95 en el SAR, 0.87 en el Área de Influencia y Área del proyecto, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon en el SAR fue de 3.45, en el Área de influencia y Área del proyecto fue de 2.37, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en el SAR fue alta y en el Área de influencia y el Área del proyecto es Media, con una Equitatividad (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) alta de 0.91 para el SAR, 0.85 para el AI y el área del Proyecto, en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad.

Lo anterior refleja la gran diferencia que existe entre el SAR, con el AI y el Área del Proyecto, esto principalmente, ya que el SAR presentan una diversidad Alta principalmente por tener los Usos de suelo y Vegetación con Vocación Forestal mejor conservados al encontrarse en superficies alejadas de los apacentamientos humanos, mientras que el Área de Influencia y el Área del proyecto al ser un camino de terracería utilizado ampliamente por las poblaciones que conecta, permite que se establezcan en el mismo especies vegetales de posteria y ornamentales, aunado al notorio cambio de uso de suelo en la región del natural hacia el agropecuario, con el surgimiento de grandes extensiones de pastizal inducido, al encontrarse dentro de la cuenca lechera más grande del país.

A continuación, se muestran las condiciones ambientales en las que se encuentra la zona del proyecto:

Fotografía IV. 10. Condiciones ambientales "Florísticas" en las que se encuentra la zona del proyecto.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">En la imagen se observan arboles de Abies religiosa, la cual cuenta domina el SAR del proyecto.</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Se observaron individuos de Pinus teocote en la parte de Bosque de Pino-Encino del SAR.</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">En la imagen se observan individuos Roldana angulifolia, arbusto domínate dentro del SAR, AI y área del proyecto.</td></tr>
</table>

	
Baccharis conferta es una especie dominante en el AI y Área del proyecto.	*Lupinus montanus* conto con buena distribución, es una maleza observada en le SAR, AI del proyecto.
	
Pinus montezumae y *Pinus pseudostrobus* son especies la familia Pinaceae abundante en el SAR, AI Proyecto.	
	
En la fotografía se muestra la especie *Muhlenbergia robusta,* que se observó de manera frecuente en el Bosque de encino del SAR	*Quercus sideroxyla* es un árbol observado en el Bosque de Oyamel del proyecto.

	
Quercus laurina es fue la especie que contó buena representación en el AI y SAR del proyecto.	
	
En la parte del SAR donde se encuentra el Bosque de oyamel, se encuentra distribuida la especie *Buddleja cordata.*	*Fuchsia microphylla* es una especie que se observó con buena representación dentro del Bosque de Encino del SAR y AI.
	
Pellaea andromedifolia contó con la buena representación dentro de los dos ecosistemas forestales del SAR.	*Arbutus xalapensis* especie pionera de Bosques de latifoliadas.

	
Castilleja tenuiflora esta especie se encuentra en bordes de cultivo y orillas de caminos, de coníferas y de encino.	En el Área del proyecto se observó de manera frecuente individuos de *Artemisia ludoviciana.*
	
Gnaphalium viscosum y Verbesina pietatis, ambas especies se observan con frecuencia y son utilizadas en la medicina tradicional mexicana.	
	
Alnus jorullensis, especie que se establece rápidamente en espacios que dejan otros árboles llegando a formar bosquecillos secundarios de considerable extensión.	





Pinus ayacahuite y Sambucus nigra son especies con buena representación dentro del Bosque de Pino-Encino del SAR.

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Es importante señalar que las condiciones ambientales del Sistema Ambiental Regional son de un limitado grado de conservación, en lo que respecta a sitios cercanos al proyecto se localizaron condiciones de perturbación, debido a las actividades antrópicas, como la agricultura y la ganadería extensiva. Con la evidencia fotográfica descrita anteriormente es factible considerar el desarrollo del proyecto, ya que, no existirá remoción vegetal significativa por la realización de este, así como también es importante resaltar que el beneficio relacionado con la construcción de una ampliación de un tramo carretero contribuye a evitar accidentes en la Región.

ESPECIES SUJETAS A AFECTACIÓN DEBIDO AL PROYECTO.

Como ya se ha señalado, solo existirá remoción de algunos elementos vegetales que se encuentran debido a la realización del proyecto, los cuales se muestran a continuación. En la siguiente tabla e imagen se observa el derribo que existirá por la inclusión del proyecto.

Tabla IV. 47. Acumulado de especies de flora que serán sujetos a remoción del proyecto.

Familia	Especie	Nombre común	Frecuencia	Altura (m)	DAP y /o Longitud (cm)	FB	NOM-059-SEMARNAT
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica*	Cedro blanco	43	3.5	51	A	Pr
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	5	6.2	66	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	2	4.8	55	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	5	4.5	78	A	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	2	0.4	42	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	4	4.9	55	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	3	6.4	82	A	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	44	1.6	18	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	11	0.3	13	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	15	0.4	12	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	35	1.4	21	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	18	0.4	15	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	13	1.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	5	0.4	19	H	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	7	0.7	11	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	9	0.4	10	H	Sin estatus
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	12	0.5	12	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	35	1.2	33	H	Sin estatus
		Total	268				

Donde: FB = Forma biológica, A =Árbol, Ar = Arbusto, H = Herbácea.

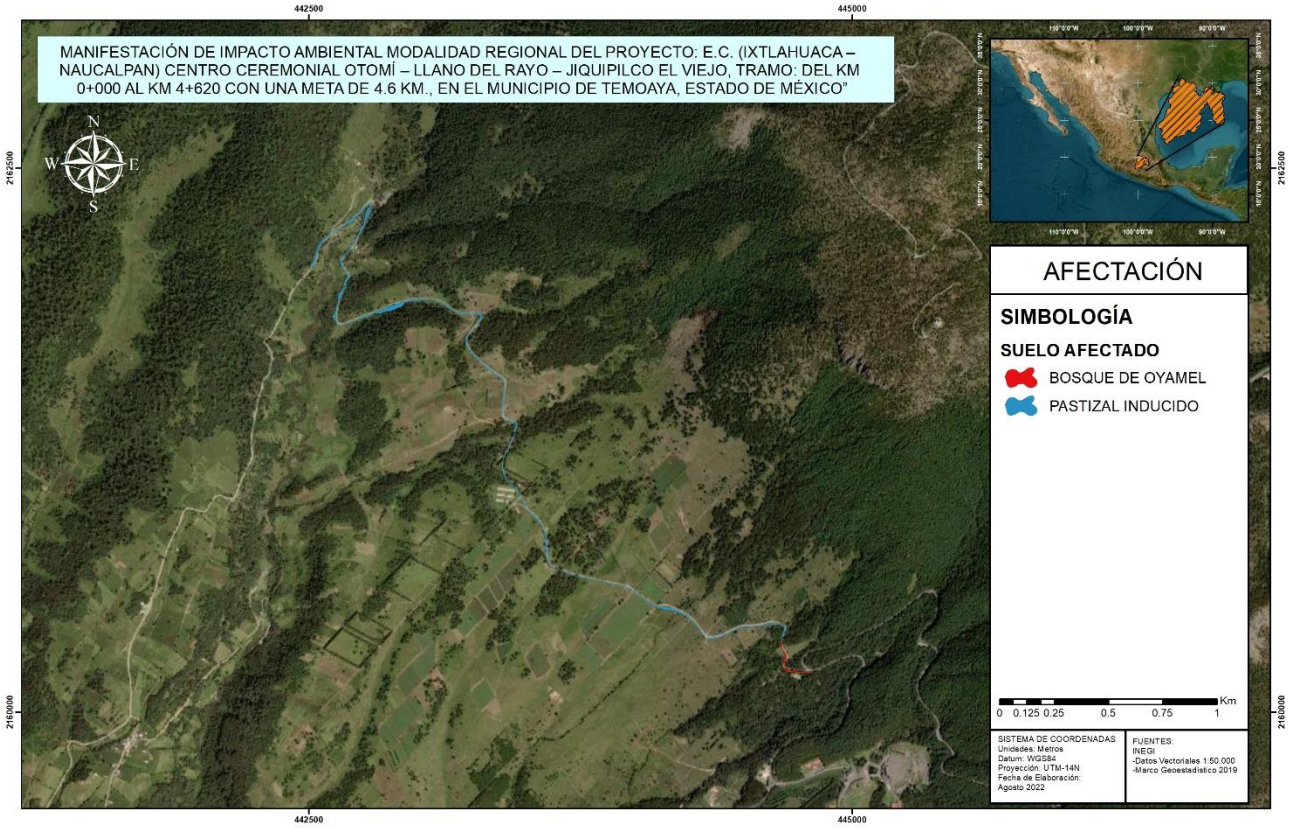
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 48. Total, de especies de flora que serán sujetos a remoción del proyecto

ESTRATO	NÚMERO DE ORGANISMOS
Arbóreo	64
Arbustivo	70
Herbáceo	134
TOTAL	268

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Imagen IV. 56. Localización del área de afectación por el proyecto.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

En el trazo del proyecto **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO",** se removerán 268 elementos vegetales, 64 son árboles, 70 arbustos y 134 Herbáceas.

Tabla IV. 49. Número final de especies de flora que serán sujetos a remoción debido al proyecto.

ESTRATO	NÚMERO DE ORGANISMOS
Arbóreo	64
Arbustivo	70
Herbáceo	134
TOTAL	268

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y/O PERTURBACIÓN QUE PRESENTA LA VEGETACIÓN A AFECTAR.

Durante los recorridos en el Sistema Ambiental Regional del proyecto, se encontró observo un alto grado perturbación, principalmente por la deforestación provocada por los apacentamientos humanos lo que ha generado un impacto negativo sobre los recursos naturales del SAR.

ESPECIES DE INTERÉS COMERCIAL.

En el SAR no se existe formalmente la explotación de especies de interés comercial maderables.

ESPECIES ENDÉMICAS, RARAS, AMENAZADAS, EN PELIGRO DE EXTINCIÓN O SUJETAS A PROTECCIÓN ESPECIAL EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010.

La importancia de la flora mexicana recae en la diversidad gamma, su riqueza y número de endemismos. El alto porcentaje de endemismos se explica por la antigüedad de la flora mexicana y también por su grado de aislamiento ecológico y biogeográfico, aun cuando existe cierta relación florística entre las zonas templadas y tropicales de México, las cuales presentan una composición florística diferenciada principalmente por los elementos climáticos que las mantiene separadas ecológicamente. La relación de plantas cuantificadas en los muestreos de vegetación para el presente proyecto, permitió determinar que existen dos especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

A continuación, se muestra evidencia fotográfica de los elementos de la especie *Cupressus lusitanica* con categoría de "Pr" (Sujeta a protección especial) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, todos ellos de tipo ornamental y empleados como especies barrera, cabe señalar que los individuos a afectar por el proyecto se repondrán en una proporción de 1-10 una vez concluido el mismo.

Tabla IV. 50. Clasificación del estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

ESTATUS	CATEGORÍA
E	Probablemente extinta en el medio silvestre
P	En peligro de extinción
A	Amenazadas
Pr	Sujeta a protección especial

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Tabla IV. 51. Fotografías de la especie *Cupressus lusitanica* con categoría de "Pr" (Sujeta a protección especial) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.





En la imagen se observan especímenes de *Cupressus lusitanica* los cuales se observaron bordeando el camino como especies barrera.

A continuación, se muestra el listado general de especies del SAR, AI y Área del proyecto.

Tabla IV. 52. Listado general de especies encontrado dentro del SAR.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FB	NOM-059-SEMARNAT-2010
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	A	Sin estatus
Asteraceae	*Achillea millefolium*	Mil hojas	H	Sin estatus
Asparagaceae	*Agave angustifolia*	Maguey Espadín	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa	H	Sin estatus
Asteraceae	*Ageratina petiolaris*	Amargocilla	Ar	Sin estatus
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aliso	A	Sin estatus
Verbenaceae	*Aloysia triphylla*	Hierba luisa	H	Sin estatus
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	A	Sin estatus
Asteraceae	*Artemisia ludoviciana*	Ajenjo	H	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Azoyate	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Baccharis salicifolia*	Chilca	Ar	Sin estatus
Buddlejaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán	A	Sin estatus
Orobanchaceae	*Castilleja tenuiflora*	Cola de borrego	H	Sin estatus
Asteraceae	*Cosmos bipinnatus*	Girasol morado	H	Sin estatus
Cupressaceae	***Cupressus lusitanica***	**Cedro blanco**	**A**	**Pr**
Onagráceas	*Fuchsia microphylla*	Aretillo	Ar	Sin estatus
Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Árbol amargo	A	Sin estatus
Asteraceae	*Gnaphalium viscosum*	Gordolobo	H	Sin estatus
Verbenaceae	*Lantana velutina*	Confiturilla	H	Sin estatus
Fabaceae	*Lupinus montanus*	Garbancillo	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia glabrata*	Liendrilla lisa	H	Sin estatus
Poaceae	*Muhlenbergia robusta*	Zacate de escobillas	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Origanum vulgare*	Orégano	H	Sin estatus
Pteridaceae	*Pellaea cordifolia*	Helecho	H	Sin estatus
Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	Ar	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus ayacahuite*	Pino real	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino Moctezuma	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus*	Pino ortiguillo	A	Sin estatus
Pinaceae	*Pinus teocote*	Pino azteca	A	Sin estatus
Rosaceae	*Prunus serotina*	Capulín	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus glaucoides*	Encino prieto	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo	A	Sin estatus
Fagaceae	*Quercus sideroxyla*	Chaparro	A	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana angulifolia*	Roldana	H	Sin estatus
Asteraceae	*Roldana lineolata*	Hediondilla	Ar	Sin estatus
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Sauce	A	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba de burro	H	Sin estatus
Lamiaceae	*Salvia sessei*	Sabanito	Ar	Sin estatus
Adoxaceae	*Sambucus nigra*	Sauco	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Senecio cinerarioides*	Jarilla	Ar	Sin estatus
Asteraceae	*Tagetes lucida*	Pericón	H	Sin estatus
Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*	Palocote	A	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina pietatis*	Verbesina	H	Sin estatus
Asteraceae	*Verbesina virgata*	Teclacote	H	Sin estatus

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

IV.3.2. FAUNA

El Estado de México posee una alta diversidad biológica a pesar de que su territorio equivale apenas a 1.1 % del territorio nacional. Esto se debe a su peculiar ubicación geográfica, topografía, relieve accidentado, historia geológica, variedad de climas y ecosistemas, que le confieren una enorme heterogeneidad ambiental. Cabe recordar que el Eje Neovolcánico Transversal es el sistema montañoso que divide al país y, por ende, al Estado de México, en dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, cada una de las cuales tiene una flora y fauna características, pero que convergen en esta franja. De manera general, la región Neártica comprende la porción centro y norte del territorio estatal, en tanto que la región Neotropical abarca la parte suroeste, particularmente la zona cálida de la región hidrológica del Río Balsas. Esto implica una responsabilidad mayor para toda la sociedad que debe reflejarse en compromisos e iniciativas viables y efectivas para su conservación de tal forma que es de gran importancia conocer el estado actual de las diferentes clases de vertebrados terrestres presentes en la zona del proyecto, perteneciente al Estado de México, lugar donde se ubica el trazo del proyecto.

Tabla IV. 53. Riqueza de especies del Estado de México.

GRUPO	GEM (2017)	GEM (2022)
Flora	2 500	2 081
Mamíferos	118	152
Aves	300	396
Reptiles	87	93
Anfibios	45	53
Peces de agua dulce	18	34
Invertebrados	668	619
TOTAL	3 735	3 428

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022

La riqueza de especies del Estado de México que se aprecia a partir de estas cantidades es sólo una subestimación de la diversidad real, ya que existen muchas zonas geográficas tanto del país como de la entidad que aún no han sido estudiadas en detalle, así como muchos grupos taxonómicos de los que poco o casi nada se sabe, por ejemplo, de insectos, protozoarios, algas, entre otros taxas. Por lo anterior, es de esperar que el número de especies cambie de acuerdo con la zona a estudiar. De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temoaya (2022) La fauna silvestre está desapareciendo debido al deterioro ecológico de la zona montañosa. No obstante, aún pueden encontrarse: cacomixtle, ardilla, tuza, conejo, liebre, tlacuache, hurón, tecolote, lechuza, gorrión, colibrí y tórtola. La fauna acuática desapareció del río Lerma hace ya varios años, pero en algunos bordos hay acociles, ajolotes y carpas. Aves silvestres como: aguililla, gavilancillo, zopilote aura, cuervo, zopilote, urraca, paloma blanca, paloma morada, codorniz, huilota, tordo, jilguero, cenzontle, pájaro mosquero, primavera, gorrión, colibrí o chupamirto, cardenal, golondrina, pájaro maicero, tórtola, pichón y chillón. Conforme a los datos obtenidos en campo en el área del proyecto se obtuvo muy baja diversidad, donde se realizó un conteo directo e indirecto sobre el trazo del proyecto, se puede considerar que algunas de las especies de fauna reportadas para esta zona se encuentran representadas en algún momento dentro de la superficie específica del proyecto, ya sea como área de paso, zona de alimentación o de anidamiento, así como el hábito migratorio de la mayor parte de especies de fauna silvestre. La fauna silvestre en esta zona es baja, debido probablemente al camino existente y la conexión de la carretera Ixtlahuaca - Naucalpan, condicionando a las especies a adoptar una estrategia de gran movilidad altitudinal (Arizmendi *et al*., 1990). Y otras que incluyen frutos en sus dietas, se comportan como oportunistas, tal vez debido a que la mayor abundancia de recursos se concentra en la época de lluvias (Berlanga, 1991). A pesar de que el área de estudio muestra una gran presión ejercida por actividades humanas (ganadería, agricultura, cacería, zonas rurales). Por lo que es considerado un oasis en medio del contorno en crecimiento urbano, que ofrece numerosos hábitats donde las especies pueden llevar a cabo sus actividades diarias y sobre todo como un importante centro de paso en la zona. Por lo anterior, y tomando en cuenta que se trata de una pequeña parte de un ecosistema y que el proyecto se pretende desarrollar sobre un camino de terracería existente el cual se encuentra desmontado en una amplitud promedio de 6.46 metros en toda su longitud; se puede considerar que algunas de las especies de fauna reportadas

para esta zona se encuentran representadas en algún momento dentro de la superficie específica del proyecto, ya sea como área de paso, de alimentación, percha, paso migratorio o áreas de anidamiento, sobre todo de algunas especies que toleran en mayor grado la presencia humana. Es importante mencionar que, con la información proporcionada por los pobladores cercanos al sitio, se pudieron observar algunas evidencias de especies que habitan o transitan por la superficie que será afectada, destacando que no existirá afectación a la fauna silvestre de la región por el desarrollo del proyecto.

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ECOLÓGICA RÁPIDA (EER).

Aves. La metodología consistió en realizar conteos oportunísticos entre la 7:00-10:00 de la mañana y 15:00-18:00 horas de la tarde en un transecto sobre el camino de terracería ya existente. Con el fin de identificar a las principales especies que habitan en la zona, se llevó un registro de las aves observadas y el número de individuos de cada una de ellas. Se llevó a cabo un solo transecto con el fin de estandarizar el muestreo. Dentro del transecto se establecieron sitios de muestreo de acuerdo con la longitud de este. Los sitios fueron elegidos aleatoriamente, el primero partiendo cerca de la zona urbanizada correspondiente a la localidad de Jiquipilco el Viejo, los siguientes donde había más vegetación abarcando lo que resta del camino. Para la identificación de las especies se utilizaron guías de campo y binoculares. Para cada sitio de muestreo se esperaba un promedio de 5 a 15 minutos, mientras se tomaba el registro de las especies presentes en ellos y su abundancia (número de individuos observados en el sitio de muestreo). Que consistieron en registrar todas las especies y el número de individuos durante 90 minutos, desde cada uno de los puntos de muestreo.

Fotografía IV. 11. Métodos de observación de aves (conteos oportunísticos)



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Debido a que se utilizara el camino existente, donde ya no existe fauna silvestre, toda vez que en su momento las especies se desplazaron a zonas con cobertura vegetal, no existirá afectación a la fauna silvestre de la región por el desarrollo del proyecto.

RESULTADOS.

De acuerdo con el estudio de campo, se registró la presencia de cuatro especies diferentes de fauna silvestre (Tabla siguiente) en el trazo del proyecto. Ninguna especie se encuentra catalogada la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las clases fueron las mismas, dos por cada una. Cabe mencionar que las dos especies de mamíferos (*Procyon lotor* y *Urocyon cinereoargenteus*), fueron registradas por evidencia indirecta en las cercanías del trazo. En lo que respecta a la riqueza de especies, abundancia y diversidad de especies, los siguientes cuadros representan los resultados obtenidos:

Tabla IV. 54. Presencia de especies dentro del área de estudio.

Nombre científico	Nombre común	Número de especies
Hirundo rustica	Golondrina tijereta	8
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero pijuy	6
Columbina inca	Tórtola cola larga	8
Pyrocephalus rubinus	Mosquero cardenal	2
Coragyps atratus	Zopilote común	6
Lanius ludovicianus	Verdugo	2
Cathartes aura	Zopilote aura	4
Procyon lotor	Mapache	*1H
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	*1E

H: huella; E: excreta

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

RIQUEZA ESPECÍFICA.

A continuación, se muestra la riqueza específica para la fauna silvestre que se verá impactado por el proyecto.

Tabla IV. 55. Riqueza específica de la fauna silvestre dentro del área de proyecto.

CATEGORÍA/ORDEN	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS
Familia	-	6	2
Género	-	7	2
Especies	-	7	2

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

A continuación, se presentan los resultados de abundancia relativa, e índice de Shannon-Wiener para el área del proyecto.

Tabla IV. 56. Abundancia relativa de fauna silvestre para el área del proyecto.

Familia	Nombre científico	Nombre Común	# de individuos	Abundancia relativa (%)	Índice de Shannon
	AVES				
Hirundinidae	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	8	22.22	0.33
Cuculidae	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	6	16.67	0.30
Columbidae	*Columbina inca*	Tórtola cola larga	8	22.22	0.33
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	2	5.56	0.16
Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo	2	5.56	0.16
Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote común	6	16.67	0.30
	Cathartes aura	Zopilote aura	4	11.11	0.24
	Total		36	100	1.83
	MAMÍFEROS				
Procionidae	*Procyon lotor*	Mapache	1	50.00	0.35
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	1	50.00	0.35
	Total		2	100	0.69

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

En estudios de biodiversidad, a partir del muestreo de comunidades, el tamaño de la muestra o número de unidades de observación puede ser pequeño, para realizar inferencia paramétrica sobre la diversidad existente. No obstante, es deseable lograr estimaciones con niveles de confianza conocidos. Una alternativa a la estimación paramétrica para los índices de diversidad es la construcción de intervalos de confianza (IC) (Pla y Matteucci, 2001), que no se basan en supuestos distribucionales. Es importante señalar que si bien, como ocurre con numerosos métodos, el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, aún desde un conocimiento rudimentario, pero es fundamental al utilizarlos considerar atentamente sus limitaciones para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular. Siendo así, que esta diversidad de especies es muy baja y la abundancia es normal de acuerdo con las observadas en el trazo del proyecto.

ÍNDICE DE SHANNON – WIENER (1949)

El índice de Shannon se basa en la teoría de la información, por tanto, en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia), (Magurran, 2001). El problema básico de la medición de estos parámetros es que no es posible contar todas las especies individuos de una comunidad y, por lo tanto, no existe ningún índice que se extrajo en su medición. Hay índices mejores que otros, dependiendo del tipo de colecta que se realice. Se utilizaron los métodos que a continuación se describen:

El índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1949) se define como:

$$H = -\sum_{i=1}^{S} \pi_i \ln \pi_i$$

La diversidad máxima (H_{max}= lnS) se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes. Un índice de homogeneidad asociado a esta medida de diversidad puede calcularse como el cociente $H/H_{max}=H/lnS$, que será uno si todas las especies que componen la comunidad tienen igual probabilidad (π_i= 1/S).

$$\boldsymbol{\pi = n_i/N}$$

Dónde:

- n_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada i
- N= número total de individuos
- S= número total de especies.

De acuerdo a la clasificación de los índices; el índice de Simpson pertenece a la clase aditiva (2.8) si hacemos que π_i = 1, es decir todas las especies tienen el mismo rango y R Entonces:

$$\lambda_{Simp} = \sum_{i=1}^{k} \{1 - \pi_i\}\pi_i = 1 - \sum_{i=1}^{k} \pi_i^2$$

Por lo tanto

$$D = \sum \left(\frac{n_i (n_i - 1)}{N(N-1)} \right)$$

Tabla IV. 57. Índices de Biodiversidad para los órdenes encontrados en el proyecto.

ORDEN	ÍNDICE DE SHANNON WIENER	ÍNDICE DE SIMPSON
Aves	1.83	0.82
Mamíferos	0.69	0.50

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Este trabajo aborda el problema con un enfoque aplicado. Se describen los métodos de estimación de la biodiversidad expresada mediante la riqueza y el índice de Shannon, se propone un método de muestreo para la inferencia, y se discuten los resultados de siete especies de aves y dos de mamíferos. En comunidades naturales, este índice suele presentar valores entre 1.5 y 3.5 y sólo raramente sobrepasa los 4.5 (Margalef 1972, citado en Magurran 1987). Magurran (1989), que enuncia que para el Índice de Shannon-Weiner, los valores inferiores a 1.5 se consideran como diversidad baja, los valores entre 1.6 a 3.4 se consideran como diversidad media y los valores iguales o superiores a 3.5 se consideran como diversidad alta.

De acuerdo con nuestros datos obtenidos, la fauna silvestre del proyecto nos indica que la diversidad de las dos clases registradas, para las aves es media y los mamíferos es baja. No alcanzan un grado de equilibrio en el ecosistema dado que tienen valores de 1, ya que para este parámetro se estiman valores cercanos a 2, indicando que no hay un estado de equilibrio del ecosistema para estas especies.

DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS FAUNÍSTICOS.

AVES.

Se registraron siete especies, presentando la mayor abundancia *Hirundo rustica* y *Columbina inca*, con el 22.2%, seguidos de *Coragyps atratus* y *Crosophaga sulcirostris,* con el 16.6%. Es importante señalar que debido a que el camino ya se encuentra abierto por un camino de terracería, las especies que se encuentran buscan mejores condiciones de hábitat y estas se han adaptado a las condiciones del hábitat fragmentado, por lo anterior se pude determinar que no se afectara a las especies en el trazo del proyecto.

Se empleó el método de distancia que consiste en la selección de puntos al azar o ubicación al azar de los transectos y disposición espacial al azar de los individuos. Las distancias entre puntos y transectos deben ser tales que no se cuente el mismo individuo en dos puntos o transectos distintos.

Se hicieron recorridos en todo el trazo en transectos mencionados anteriormente para estimar la abundancia y diversidad, se recorrió dos veces cada transecto contando un total de 36 aves en total. Con este método es posible obtener además un índice de abundancia igual o más fiable que el obtenido desde recorridos realizados una sola vez.
El método de distancia que consistió en la selección de puntos al azar o ubicación al azar de las transectos y disposición espacial al azar de los individuos. Las distancias entre puntos y transectos deben ser tales que no se cuente el mismo individuo en dos puntos o transectos distintos. Cabe mencionar que el registro de algunas aves fue con el método auditivo, escuchando sus cantos en cada punto de muestreo.

Mamíferos

Para este orden, el índice de Simpson es de 0.50 y el de Shannon-Wiener de 0.69, muy debajo de un estado de equilibrio óptimo. Se obtuvo el registro de dos mamíferos de los cuales fueron registrados por huella o excreta sobre el camino a modernizar. Las condiciones del sitio producidas por lo fragmentado del sitio son bajas y las especies que se localizan en el área no serán afectados por la ampliación del camino. El comportamiento observado es esperable ya que la propuesta de Chao y Shen (2003) está definida para situaciones donde el número de individuos es bajo y la capacidad de una sola muestra de incluir una buena proporción de las especies es también baja.

A continuación, se muestran las especies observadas en los recorridos de campo:

Fotografía IV. 12. Especies observadas en los recorridos de campo.

Aves	
	
Cathartes aura	Hirundo rustica
	
Crotophaga sulcirostris	Columbina inca
	
Pyrocephalus rubinus	Coragyps atratus

	
Lanius ludovicianus	
Mamíferos	
	
Procyon lotor	Urocyon cineroargenteus

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Algunas zonas urbanas y conurbadas a pesar de la actividad antropogénica albergan especies de aves; sin embargo, la presencia de estas aves obedece a la erradicación de las especies que originalmente estaban en el área; las aves presentes son altamente tolerantes a hábitats alterados, también las aves que se observan provienen de los relictos de vegetación que existía en el área (Jiménez, 2009).

METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FAUNA

AVES

Se realizaron conteos oportunísticos entre las 7:20-10:00 de la mañana y 15:00-18:00 horas de la tarde. Estos consistieron en transectos sobre el camino de terracería y otro paralelo al mismo. Con el fin de identificar a las principales especies que habitan en la zona, se llevó un registro de las aves observadas y el número de individuos de cada una de ellas. Se llevaron a cabo varios transectos de muestreo de 100 m para así hacer una estimación de la longitud del transecto con el fin de estandarizar el muestreo. Dentro de cada transecto se establecieron sitios de muestreo de acuerdo con la longitud de este por lo que un transecto tuvo de tres a un sito de muestro. Estos sitios fueron elegidos aleatoriamente, el primero partiendo a unos 100 metros del inicio de la zona con más vegetación y los siguientes abarcando lo que resta del camino.

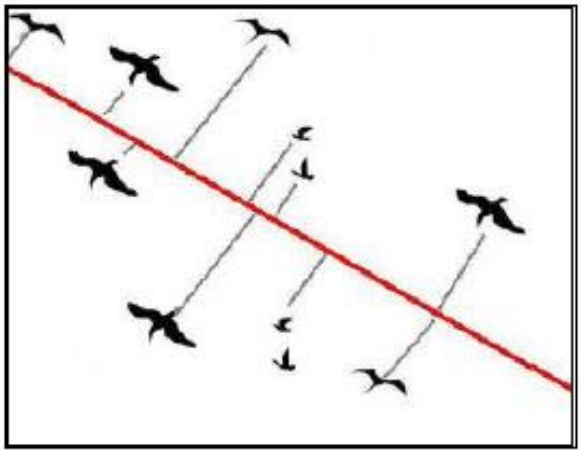
Las observaciones se realizaron con ayuda de binoculares 8 x 40 y 10 x 42, y en ocasiones con una cámara digital con lente 270-500 mm, que permitió la creación de un banco de imágenes de las especies encontradas. El registro de las distintas especies se realizó por transectos en la zona adyacente al proyecto. Con la técnica de transecto se caminó lentamente a través del área elegida.

Fotografía IV. 13. Monitoreo de Aves.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Imagen IV. 57. Conteos visuales.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Imagen IV. 58. Avistamiento de aves.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Para la identificación de las especies se utilizaron guías de campo (Peterson y Chalif, 1989; Howell y Webb, 1995; National Geographic Society, 1999) y binoculares. Para cada sitio de muestreo se esperó un promedio de 5 a 15 minutos, mientras se tomaba el registro de las especies presentes en ellos y su abundancia (número de individuos observados en el sitio de muestreo). También se tomó en cuenta el canto de las aves, que consistió en registrar todas las especies y el número de individuos.

Mamíferos

Método indirecto: Conteo de rastros. Una manera de calcular la abundancia relativa de los mamíferos es contar rastros de su presencia a lo largo de transectos. La frecuencia de hallazgos puede usarse como un índice de abundancia de las especies encontradas. Con el fin de obtener un muestreo de mamíferos medianos se ubicaron trampas huellas separadas cada 100 m una de otra; alejada 10 m a ambos lados del transecto, y sólo para la longitud de éste con relación a las coberturas presentes. Para la elaboración de cada trampa se colocó una superficie de cartón (50x50 cm) con tierra suelta y húmeda, para una buena impresión. En cada una de las trampas se colocó un cebo como atrayente, el cual corresponde a algún tipo de alimento de preferencia para cada una de las categorías de la dieta de los animales a estudiar, avena (herbívoros), huevos podridos y tocino (carnívoros), papaya y plátano (herbívoros, omnívoros); estos cebos son alternados al azar para cada una de las trampas a lado y lado del transecto. Se hace limpieza de cada trampa con el objetivo de que ésta quede activada para la toma de datos.

Fotografía IV. 14. Trampa olfativa para la identificación de huellas.



Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Así mismo para el conteo de excretas, se cuantifican las que estén en una franja de 20 m (10 a cada lado) del transecto. Se lleva un registro fotográfico de cada evidencia encontrada. En un formato ya establecido para el registro de los datos, en este

caso para los avistamientos de huellas, heces, restos y madrigueras se toman datos como: especie del animal encontrado, número de indicio, hora de encuentro, ubicación geográfica. Se cuentan las huellas de un animal cruzando un transecto como un avistamiento. Las huellas que estén a lo largo de un transecto se toman como una observación. Sin embargo, no se tuvo gran éxito, porque algunos rastros obtenidos fueron difusos.

Imagen IV. 59. Trampeo para mamíferos pequeños.



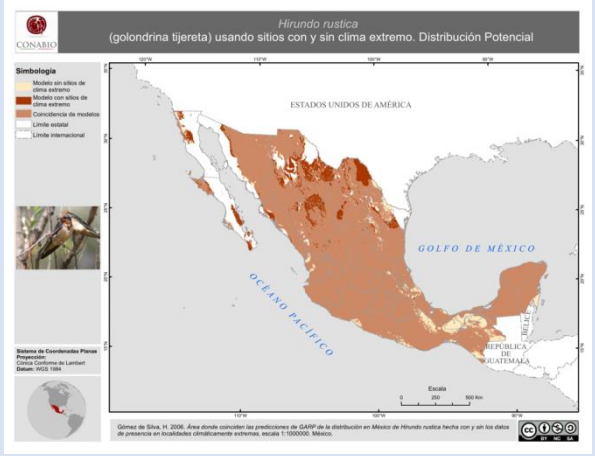
Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

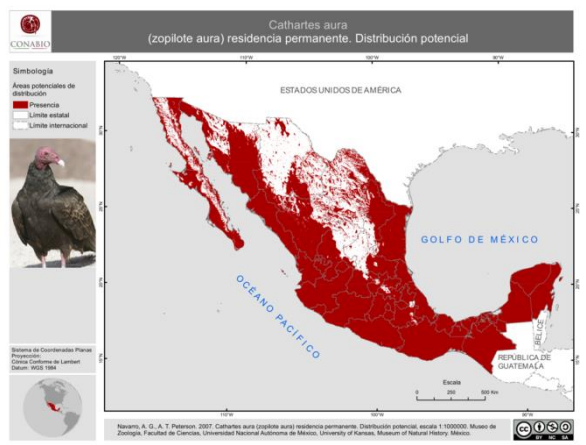
La figura anterior ilustra la distancia de los tramos de 100 m de cada una de las trampas huella, intercaladas a ambos lados de la terracería. Se colocan a una distancia de 4 m del derecho de vía con el propósito de que se encuentren mejor ocultas entre la vegetación.

ESPECIES DE FAUNA SILVESTRES OBSERVADAS EN EL TRAZO DEL PROYECTO.

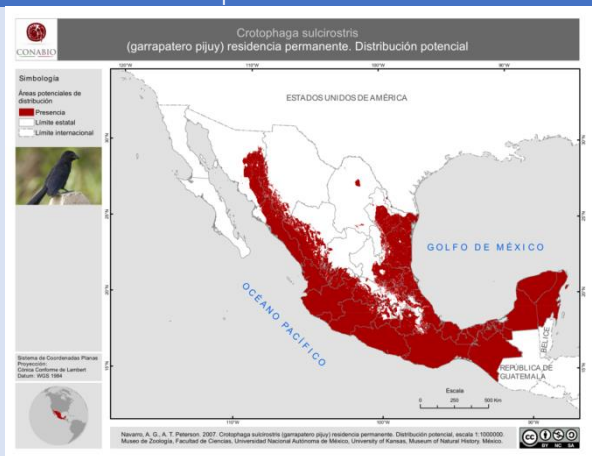
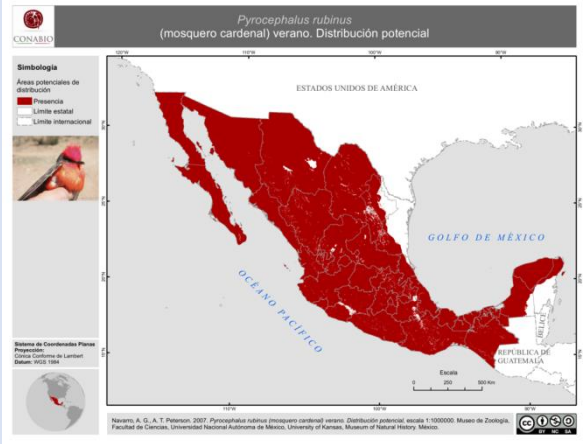
En la superficie total del proyecto, no se encontró ninguna especie de fauna silvestre catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

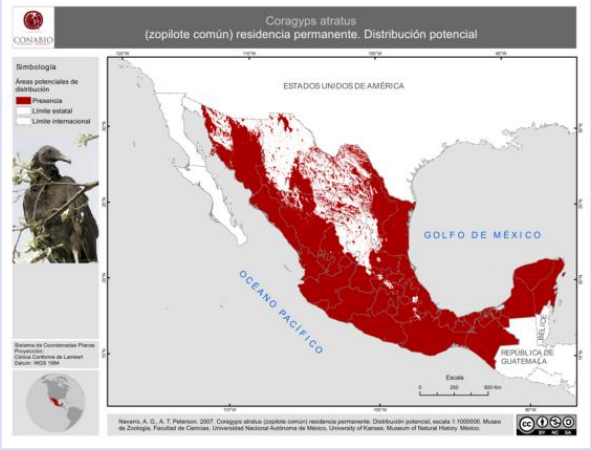
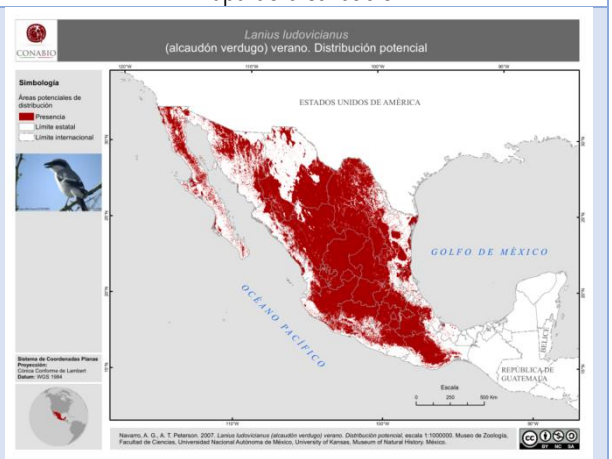
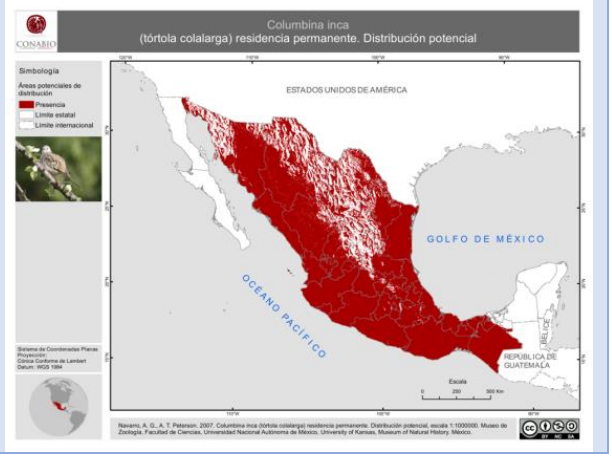
Tabla IV. 58. Fichas Técnicas de las Especies de Mayor Representatividad en el Trazo

AVES	
Hirundo rustica	Mapa de distribución
Descripción. Ave pequeña mide entre 17 y 19 cm, incluyendo los 2 a 7 cm de las elongadas plumas externas de la cola. Tiene una envergadura de entre 32 y 34.5 cm y pesa entre 16 y 22 gr. Su parte superior es azul metálico y su frente, barbilla y garganta, rojizos. Una gruesa franja azul oscuro separa la garganta del pecho y abdomen blancuzcos. Las plumas externas de la cola son elongadas, lo que le brinda el distintivo aspecto profundamente ahorquillado de las golondrinas. Presenta una línea de manchas blancas a lo largo del extremo externo de la parte superior de la cola. La apariencia de la hembra es similar a la del macho, pero las plumas de la cola son más cortas, el azul de la parte superior y de la banda del pecho es menos lustroso y el pecho y abdomen son más pálidos. El juvenil es más marrón y exhibe una cara rojiza más pálida y partes	

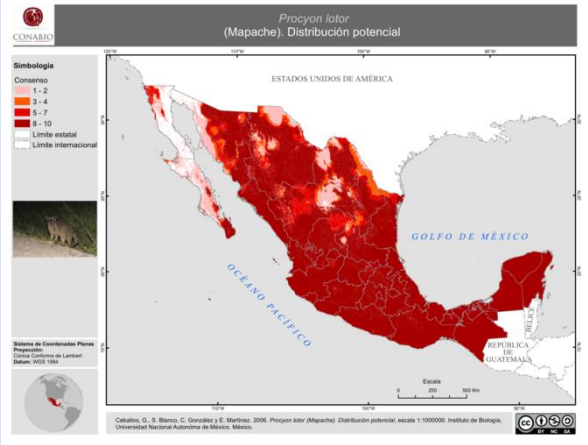
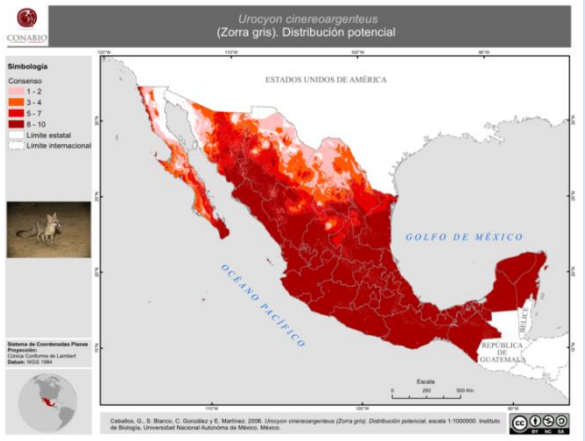
inferiores más blancas; carece de las largas plumas de la cola de los adultos.	
Cathartes aura	Mapa de distribución
Descripción. Ave planeadora de gran tamaño, tiene una envergadura de 1.7 m aunque mide entre 65 a 72 cm. Es completamente de color negro, tiene la cabeza desnuda y la piel es de color rojo en los adultos y gris en los juveniles, tiene el pico en forma de gancho para poder desgarrar la carne de sus presas, es tan adaptable que prospera en una gran variedad de hábitats y zonas climáticas. En el vuelo se mece y se ladea constantemente. Su distribución abarca todo México. Habita en cambios abiertos, desde el nivel del mar hasta las altas montañas, áreas silvestres y ranchos.	

Fuente: CONABIO, 2021.

AVES	
Crotophaga sulcirostris	Mapa de Distribución
Descripción. Mide 32 cm. Esta ave presenta un profundo canal en el pico (difícil de ver) con la orilla curvada. Es un ave negra como el carbón, parecida al cuclillo, con la articulación de la cola muy movible; las alas cortas y redondas. Los machos y hembras son similares. Tiene un vuelo débil; planea y aletea alternadamente.	
Pyrocephalus rubinus	
Descripción. Miden de 12.5 a 15 cm. El macho tiene las partes inferiores y la corona rojo fuego. Las partes superiores y la cola de color café opaco o negruzco. La hembra es café gris de arriba, blanquecina de abajo, con rayas angostas; las partes inferiores con un tinte rosa o amarillo. Vientre rosa pálido.	
Coragyps atratus	

Es un ave de presa de gran tamaño, con 74 cm de longitud, tiene una envergadura de 1.67m y un peso de entre 2 y 2.75kg. Su plumaje es principalmente negro lustroso, la cabeza y el cuello no tiene plumas y su piel es gris oscuro y arrugada. El iris del ojo es café y tiene una única fila incompleta de pestañas en el párpado superior y dos filas en el inferior. Sus piernas son blancas casi grises, mientras que los dedos delanteros del pie son largos y tienen pequeñas redes en sus bases. Los pies son planos, relativamente débiles, y están pobremente adaptados para sujetar, ya que son relativamente bruscos. Sus fosas no son divididas por un septum, en vez están perforadas; desde un costado se puede observar a través del pico. Las alas son anchas, pero relativamente cortas.	
Lanius ludovicianus	Mapa de distribución
Descripción. Mide 21-23 cm. Cabeza y espalda grises. Una gruesa banda negra que va desde la base del pico hasta los lados del cuello. Garganta blanca. Pecho y abdomen grisáceos: Alas negras con un parche blanco y cola negra con los márgenes blancos: pico corto negro y ligeramente ganchudo. Habita en áreas abiertas y semiabiertas, matorrales.	
Columbina inca	
Es pequeña de 17.5 a 22.5 cm. Delgada, con el plumaje aparentando escamas (dorsal y ventralmente), tiene rojizo en las alas, construye sus nidos de manera sencilla con ramitas, ponen hasta 2 huevos, blancos, la incubación puede durar 28 días y las crías permanecen en el nido hasta 36 días. Habita en ciudades, granjas matorrales, casi en todo el país excepto en la península de Yucatán y Baja california.	

Fuente: CONABIO, 2021.

Mamíferos	
Procyon lotor	Mapa de distribución
Descripción. Su peso varía dependiendo del hábitat, variando desde 5,5 a 15 kg. Es característica la coloración oscura de su piel alrededor de los ojos, y la cola con colores claros y oscuros alternados como anillos. El pelaje puede ser de color gris, marrón o negro, muy raramente albino. Los mapaches tienen 40 dientes adaptados a una dieta omnívora. Los molares no son tan anchos como los de los herbívoros ni los incisivos tan afilados y puntiagudos como los de los carnívoros. Su hábitat original son los bosques mixtos o caducifolios, junto a cursos de agua. Se han adaptado muy bien a vivir en áreas urbanas, donde se pueden alimentar de basuras y alimentos para las mascotas.	
Urocyon cinereoargenteus	Mapa de distribución
Descripción. Es un canido de tamaño mediano. La garganta es de color blanco y la cara gris; las partes laterales del cuello, el abdomen y la base de la cola son rojizos. El lomo es de tono grisáceo. La cola es también gris en la parte superior, con un extremo distal negro y una línea media dorsal del mismo color. Los colores de las partes superiores e inferiores están delimitados por una banda de color café opaco que ocurre a lo largo de cada costado del cuerpo. Las regiones que comprenden su área de distribución incluyen todos los tipos de vegetación.	

Fuente: CONABIO, 2021.

IV.3.3. COMPOSICION DE POBLACIONES Y COMUNIDADES

Una población se compone de organismos (individuos) de una misma especie que se cruzan entre sí y habitan en un área geográfica particular en un tiempo determinado; por su parte la comunidad es un grupo de poblaciones de distintas especies que coexisten en espacio y tiempo e interactúan directa o indirectamente unos con otros y dependiendo del tipo ecosistema es que coexiste un grupo característico de animales. El conocimiento de la Interacción entre los individuos de una población y el ambiente determinan las propiedades emergentes de cada comunidad que a su vez determinan su dinámica y estabilidad en el ecosistema.

Para conocer composición de una comunidad existen medidas, atributos importantes como la riqueza y la diversidad de especies que describen la composición de una comunidad, es por ello por lo que se hace referencia a continuación.

En lo que concierne a la Flora natural dentro del proyecto, solo será modificada la Bosque de Oyamel, por la inclusión de del mismo, en donde, cabe destacar que dentro del SAR y AI se realizaron 4 sitios de muestreo, asi como 1 muestreos más sobre el Área del proyecto, para un total de 5 sitios, En lo que respecta al cálculo del índice de Simpson (el cual indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición) este fue de 0.95, cabe señalar que este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de 1 indicativo de una alta diversidad. Mientras el Índice de diversidad de Shannon fue de 3.45, el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, y tomando en cuenta la interpretación de este índice con base a lo sugerido por Magurran (1989), se establece que la Diversidad en el SAR del proyecto es Alta, con una Equitatividad (grado de igualdad de la distribución de la abundancia de las especies) alta de 0.91, en donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad. Los resultados anteriores sugieren, que la vegetación en el área del presente estudio puede encontrarse en estado sucesional primario.

Al respecto la Fauna, de acuerdo al estudio de campo se registró la presencia de 9 especies de fauna silvestre, 7 especies de aves y 2 especies de mamíferos, en el trazo del proyecto y el SAR, en donde se obtuvo un índice de Shannon de 0.69 para Mamíferos lo cual nos indica una diversidad baja y en el caso de las Aves se obtuvo un índice de Shannon de 1.83 lo que nos indica que su diversidad es media. En la prospección de campo no se encontró ninguna especie catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IV.3.4. BIODIVERSIDAD

La biodiversidad suministra numerosos servicios que directa o indirectamente son de valor para el hombre. El más notable es el uso de diversas especies como fuente de productos naturales. Mientras la diversidad biológica enriquece la vida de la gente; en el mundo de la industria ella suministra el medio de sobrevivir de los países no desarrollados. Las plantas y los animales se usan por los individuos para comer, vestirse y, construir casas. La preservación de la biodiversidad permite la productividad agrícola y el ecoturismo, al igual que ella suministra los principios para muchas medicinas.
Los estudios tradicionales de biodiversidad se basan en análisis cuantitativos de la estructuración de las entidades que forman parte de un paisaje, y se obtienen como resultados valores con los que se puede inferir la biodiversidad proporcional de una zona (Noss, 1990).

En este sentido, es probable que conforme avancen los estudios en la entidad las cifras puedan variar, sobre todo al observar que los grupos de organismos en los cuales el estado no se ubica en los primeros sitios, coinciden con los menos estudiados y en los cuales aún hoy día no se cuenta con especialistas trabajando sistemáticamente en esta zona del proyecto. La

biodiversidad proporciona una variedad de bienes y servicios de los cuales depende directa o indirectamente el bienestar humano. Los servicios que los ecosistemas proveen a las sociedades pueden ser de provisión, regulación, soporte y culturales.

Las especies más diversas con aquellas que han soportado la interacción de sistemas abióticos extremos y se han adaptado a este ecosistema. De acuerdo con los resultados de vegetación, el Índice Valor de Importancia nos muestra que la mayor dominancia la tiene *Abies religiosa* con 21.8 y *Pinus pseudostrobus* con 20.9, la primera es una especie primaria forma bosques que se destacan por sus funciones de protección contra la erosión, captura de carbono, captación de agua y regulación de la escorrentía, además, ofrece beneficios económicos por tener la madera más rica en celulosa, empleada en la fabricación de papel fino que alcanza los precios más altos en el mercado.

En cuanto a la Fauna representativa del SAR, se registraron siete especies presentando la mayor abundancia *Columbina inca* y *Hirundo rustica* con el 22.22%, seguidos de *Crotophaga sulcirostris y Coragyps atratus* con el 16.67%, siendo estas las de mayor importancia dentro del Área del proyecto y el SAR.

Al igual que en muchas partes del mundo, en México existe una fuerte presión sobre la biodiversidad en sus tres niveles. Dentro de las amenazas, en el ecosistema se identifica el cambio climático global, la erosión, la fragmentación del hábitat, la contaminación, la disminución de la riqueza y abundancia de especies y los efectos acumulativos de todas éstas. En las especies se identifica como amenaza la introducción, la erradicación y el comercio ilegal e irracional de las mismas. Con relación a la diversidad genética, las amenazas que afectan son, entre otras, la introducción de especies exóticas, la pérdida de germoplasma (variabilidad), las especies modificadas (variedades mejoradas), la biotecnología (clonación) y la bioseguridad (riesgo de liberar organismos modificados genéticamente al medio ambiente) (CONABIO, 1998).

IV.3.5. ECOSISTEMAS

Se denomina Ecosistema a la unidad básica de interacción organismo-ambiente que resulta de las complejas relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de un área dada.

Además, la biodiversidad, específicamente los ecosistemas, otorgan servicios (ecosistémicos o ambientales) a la sociedad que pueden ser:
1) de provisión, a través de todas las materias primas como fibras, madera, agua y alimentos;
2) de regulación, como la regulación del clima, de enfermedades y control de la erosión;
3) de soporte, como la formación de suelos y reciclado de nutrientes, y
4) culturales, como fuente de inspiración artística o espiritual, sitios recreativos, entre otras (CONABIO, 2006).

El conocimiento sobre la diversidad local y regional es esencial para el manejo de los recursos biológicos, incluyendo la promoción de la conservación de especies (Bojórquez-Tapia *et al.*, 1994). Por esta razón, los listados de especies o inventarios biológicos son esenciales para entender la diversidad de organismos de una región, su historia, función, manejo y conservación.

Las actividades productivas dependen de la buena salud de los ecosistemas, por lo cual resulta conveniente fomentar su conservación y adecuado manejo, por ejemplo, programas de conservación del mangle donde la gente se involucre y ayude a su conservación, con la finalidad de mejorar el nivel de vida de sus familias y el uso sustentable de los recursos naturales, o las propuestas para una peca sustentable, importante para el desarrollo de la comunidad.

Las modificaciones generales a los ciclos de los nutrientes son factores difíciles de evaluar dentro de los alcances y tiempos de ejecución de la presente manifestación de impacto ambiental. Para el área de influencia del proyecto, así como el sitio donde se pretende la realización de esta propuesta existen las siguientes asociaciones vegetales:

BOSQUE DE OYAMEL. - Se presenta en forma de manchones aislados, muchas veces restringido a laderas o a cañadas, protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa. La mayor extensión se presenta en las serranías del Eje Neovolcánico, en la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental en donde se conocen dos áreas de importancia en el Cerro del Potosí y Cerro de San Antonio Peña Nevada en Nuevo León y Tamaulipas, y en la Sierra de Juárez en Baja California. Se desarrolla en climas templados y semifríos, húmedos, entre los 2 000 y los 3 600m de altitud, con una temperatura media anual que oscila entre 6 y 18°C, una precipitación que varía de 600 a 3 000mm, con una pendiente por arriba del 40%, y en exposición preferentemente norte, noreste y noroeste. El sustrato predominante es de rocas ígneas como andesitas y basalto, y los suelos son adosoles, leptosoles, cambisoles y acrisoles. Las alturas de sus árboles a veces sobrepasan los 30 metros. Lo constituyen árboles perennifolios con un periodo de floración de febrero a mayo y de fructificación de noviembre a enero. Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos, acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas. Las especies que los constituyen son principalmente del género *Abies* como: oyamel (*Abies religiosa)*, pinabete (*Pseudotsuga* sp.), abeto (*A. durangensis*) y *Abies* spp., además de pino u ocote (*Pinus* spp.), encino o roble (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus jorullensis*). Algunos bosques son densos, sobre todo en condiciones libres de disturbio.

BOSQUE DE PINO-ENCINO. Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2 500mm anuales. Se concentran entre los 1 200 y los 3 200m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros. Alcanzan alturas de 8 a 35m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año. Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino *(P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (P. devoniana), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis, P. leiophylla var. chihuahuana, P. engelmannii, P. lawsonii, P. pseudostrobus var. apulcensis,* encino laurelillo *(Quercus laurina),* encino *(Q. magnoliifolia),* encino blanco *(Q. candicans),* roble *(Q. crassifolia),* encino quebracho *(Q. rugosa),* encino tesmolillo *(Q. crassipes),* encino cucharo *(Q. urbanii),* charrasquillo *(Q. microphylla),* encino colorado *(Q. castanea),* encino prieto *(Q. laeta),* laurelillo *(Q. mexicana), Q. glaucoides,* y *Q. scytophylla,* entre otras muchas especies de encinos.

IV.3.6. ECOSISTEMAS AMBIENTALMENTE SENSIBLES

Los ecosistemas se caracterizan por ser dinámicos y siempre cambiantes conservadoramente, al interactuar con factores antrópicos como la actividad agrícola y ganadera, la alteración del suelo con contaminantes y, la explotación de los recursos no renovables entre otros, ocasionan dinámicas no naturales en el comportamiento de los diferentes hábitats. Los resultados de estos ejercicios redundan en problemas ecológicos que en muchas ocasiones interrumpen fases de ciclos de vida, empobrecimiento del recurso alimentario y fragmentación o reducción del hábitat, acciones que orillan a los animales a migrar en el mejor de los casos o a la extinción irremediablemente. Dentro del proyecto existe vegetación de Bosque de Oyamel y Bosque de Pino-Encino, los cuales son ecosistemas sensibles a la erosión, a la pérdida masiva de árboles por incendios forestales de la región. Estos son provocados principalmente por el ancestral método de "roza, tumba y quema" que se mantiene como método para la preparación de la tierra para el cultivo de temporal. Eliminar una selva o bosque entera puede tener efectos significativos en los patrones climáticos globales y alterar el ecosistema, por lo que debido a la inclusión del proyecto se buscará no afectar a este tipo de vegetación de manera inapropiada.

IV.4. PAISAJE

Como parte de una evaluación integral, se considera al paisaje como un elemento o sintético de todo conjunto de características del medio físico, biótico y social. El correcto análisis del paisaje proporciona elementos importantes respecto de la situación actual, antecedentes y las posibilidades futuras de desarrollo en la región y aunque su efecto sólo es visual e integral, es un buen indicador que muestra las tendencias y comportamiento de los aspectos de conservación ambiental y hábitat de especies silvestres, la fragmentación del hábitat, tamaño y conformación de matrices, corredores y parches, son aspectos importantes para conocer si se ha rebasado la resistencia y resiliencia del sistema. El inventario del paisaje incluye la descripción y valoración de la singularidad paisajística o elementos naturales o artificiales sobresalientes, así como los componentes relevantes de carácter científico, cultural e histórico.

SÍNTESIS DE LOS COMPONENTES DEL MODELO DE PAISAJE.

El estudio del paisaje se basa en la interpretación y explicación de lo que ve un sujeto, principalmente caracterizado por los elementos que pueden ser percibidos por el observador (vegetación, cultivos, relieve, corrientes de agua, rocas expuestas, etc.); Asimismo se puede considerar al paisaje como un recurso natural que tiene una consideración especial dentro de la valoración ambiental cuando está en función de los proyectos de desarrollo. La valoración del paisaje incorpora a los recursos naturales y actividades antrópicas, con ello esta valoración se hace a través de la calidad y la fragilidad.

CALIDAD VISUAL.

La calidad visual se refiere a la valoración del atractivo visual, y se ha establecido como un recurso básico y parte esencial, recibiendo igual consideración que los demás recursos del medio físico, además es valorado en términos comparables al resto de los recursos. La percepción del paisaje es una acción de interpretación por parte del observador donde además del problema perceptivo surge una nueva complicación: la adjudicación posterior de un valor. Una vez que el evaluador ha percibido el escenario el proceso de evaluación le exige realizar una ponderación de los componentes de la escenografía ambiental que puede resultar subjetiva y diferente de un segundo evaluador, por ello se considera que la calidad visual del paisaje tiene interés para adoptar alternativas de uso o cuando se necesitan cánones de comparación. Ahora bien, todo intento de evaluar la calidad paisajística de un espacio debe asumir la existencia de posturas subjetivas. Pero siempre se debe tratar de tener objetividad de lo que se ve con la finalidad de marcar aspectos que permitan comparar situaciones distintas, por ejemplo, comparar la misma situación del paisaje, y su tendencia a lo largo del tiempo sin proyecto y con proyecto. Asimismo, se realizó la ponderación de la calidad escénica, utilizando las siguientes consideraciones:

Tabla IV. 59. Ponderación para la Evaluación de la Calidad Escénica.

Ponderación	5	3	1
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas ígneas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran Variedad superficial o muy erosionado o sistema de dunas; o presencia de algún rasgo muy singular y dominante (glaciares)	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
Ponderación	5	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesantes	Algunas variedades en la vegetación, pero solo uno o dos tipos	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación
Ponderación	5	3	0
Hidrología	Factor dominante en el paisaje; apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
Ponderación	5	3	1
Color	Combinaciones De color intensa y variada, o contrastes agradables entre suelo, vegetación, roca, agua y nieve.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contrastes, colores apagados.
Ponderación	5	3	0
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual del conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
Ponderación	6	2	1
Rareza	Único o poco común, o muy raro en la región, posibilidad real de contemplar fauna y vegetación de manera excepcional	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
Ponderación	2	1	0
Actividades humanas	Libre de actividades estéticamente indeseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en una totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.

En el sitio se obtienen las coordenadas geográficas y el área susceptible de modificación potencial, de acuerdo con la estructura del paisaje, posteriormente fueron identificados los atributos del paisaje que pudieran ser afectados por el proyecto y la simulación del contraste visual:

1. Toma de fotografías en cada sitio seleccionado, la cual muestra la situación del escenario sin la presencia del proyecto.
2. Registro y valoración de elementos del paisaje, en formato de campo ex profeso.
3. Manejo de imágenes en gabinete.

Los criterios para la evaluación de la calidad escénica se presentan en la tabla siguiente, donde los atributos considerados están justificados en su operación por el U.S.D.A. Forest Service y el Bureau of Land Management (BLM) de Estados Unidos y para la valoración final se toma de la misma metodología los niveles de sensibilidad de acuerdo con la sumatoria de ponderación como se muestra en la tabla de Valoración al paisaje.

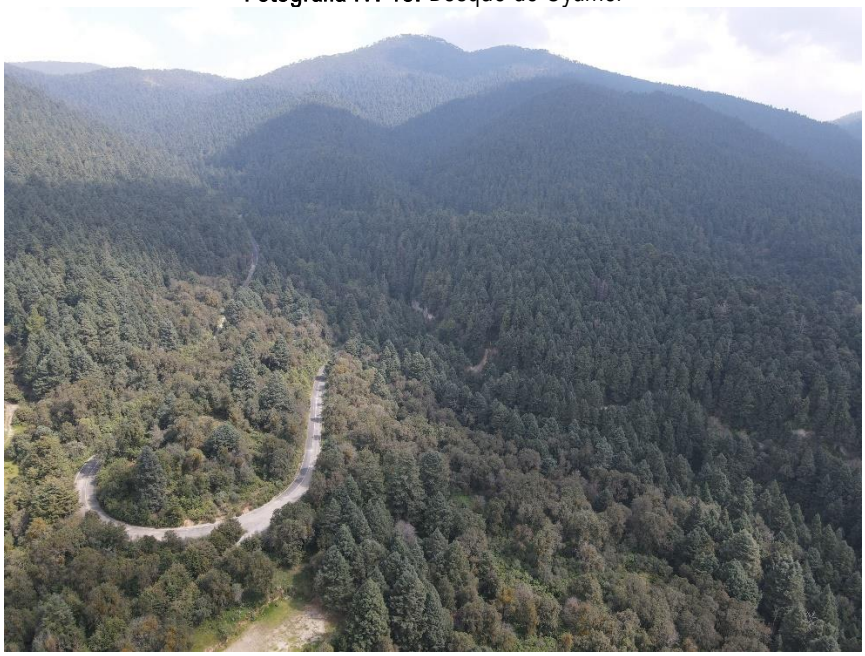
CALIDAD VISUAL.

Con las metodologías utilizadas se observó que, en la zona del proyecto se pueden determinar las siguientes unidades de paisaje bien diferenciadas:

- Bosque de Oyamel
- Bosque de Pino Encino
- Pastizal Inducido
- Agricultura de Temporal Anual

- **Bosque de Oyamel:** Unidad paisajística de vocación forestal de mayor ocupación por el sistema ambiental regional y la única con injerencia directa con el proyecto.

Fotografía IV. 15. Bosque de Oyamel



- **Bosque de Pino Encino:** Unidad de vocación forestal con menor presencia dentro del Sistema ambiental regional. Esta unidad paisajística, tiene una calidad visual media

Fotografía IV. 16. Bosque de Pino Encino



- **Pastizal Inducido:** Se localiza en las inmediaciones del Sistema Ambiental Regional siendo la unidad paisajística de mayor presencia dentro del mismo y presentará interacción directa con el proyecto.

Fotografía IV. 17. Pastizal Inducido.



- **Agricultura de temporal anual:** Con el segundo mayor porcentaje de ocupación dentro del Sistema Ambiental Regional, esta unidad es evidencia de la remoción de gran parte de la vegetación natural del sitio, arrojando una valoración ecosistémica degradada progresiva.

Fotografía IV. 18. Agricultura de temporal anual.



Para realizar la valoración paisajística se tomaron los siguientes criterios de valoración:

1) Valoración estética:
   - ✓ Común o áreas con características y rasgos ordinarios en la región;
   - ✓ Frecuente o áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros;
   - ✓ Excepcional o única, áreas que reúnen características excepcionales para cada aspecto valorado.

2) Valoración ecosistémica
   - ✓ Conservada, guarda procesos ecosistémicos originales y con alta resiliencia;
   - ✓ Deteriorada, los procesos ecosistémicos han sido alterados y disminuye su resiliencia;
   - ✓ Progresiva, existen factores o fuerzas exógenas, que están promoviendo esa tendencia, ya sea de conservación o de deterioro;
   - ✓ Regresiva, donde existen factores o fuerzas exógenas y endógenas, que revierten esta tendencia.

Para valorar el paisaje en el sitio se realiza la sumatoria de la ponderación de atributos y el resultado obtenido se incluye en alguna de las tres categorías de sensibilidad indicadas en la tabla siguiente:

Tabla IV. 60. Sensibilidad del Paisaje por algún tipo de alteración.

PONDERACIÓN	SENSIBILIDAD	CATEGORÍA	CRITERIO	VALOR NUMÉRICO
A	Alta	Clímax	Mantienen sus caracteres originales y prevalece una estabilidad equilibrio entre los subsistemas abiótico, biótico y antrópico, tienen alta capacidad de resiliencia y muy bajo nivel de deterioro. Existen procesos edafogenéticos y recolonización vegetal que garantizan el mantenimiento de la riqueza y el equilibrio de sus paisajes. Con aprovechamientos del potencial natural, sin afectar la regeneración natural.	19 – 33
B	Media	Paraclímax	Presenta una situación de estabilidad favorable, aunque puede ser frágil debido a acciones antrópicas sobre los componentes bióticos que han simplificado el sistema, incrementando su sensibilidad a impactos externos. No obstante, la baja incidencia e intensidad no compromete el equilibrio alcanzado, de tal forma que los escasos desajustes espaciales y temporales del potencial ecológico pueden ser restaurados.	12 – 18
C	Baja	Degradado	Presenta diversas situaciones de deterioro en distinto grado y manifiesta una sensible inestabilidad, La posibilidad de recuperación de un paisaje degradado depende de su nivel de deterioro.	0 - 11

Fuente: González Alonso Santiago et al, (1983) modificada por promovente, 2009

En el área de estudio, predominan las condiciones ecológicas de "Deteriorada Progresiva", en las unidades paisajísticas donde es predominante la vegetación de pastizal cultivado, que incluyen los distintos caminos ya sea carreteras pavimentadas y/o veredas, es decir el proceso de resiliencia ha disminuido gracias a que los procesos ecosistémicos han sido alterados, aunque esta tendencia puede ser revertida toda vez que existen factores en el sistema que favorecen esta tendencia.
Los grados de perturbación, según Mateo y Ortiz (2001), se presentan como:

I. **Degradado:** donde el sistema ha sufrido importantes perturbaciones,
II. **Conservado:** donde los ecosistemas mantienen sus procesos ecosistémicos y grado de resiliencia,
III. **Progresivo:** donde el sistema degradado continua su degradación o el conservado continúa con su poder de resiliencia,
IV. **Regresivo:** los sistemas degradados registran una tendencia a la recuperación del equilibrio, o donde los sistemas conservados pierden su poder de regeneración de elementos bióticos. Existen paisajes regresivos o progresivos por causa antrópica (áreas periurbanas) y por causa natural (zonas desérticas y zonas con intensos procesos de erosión natural, o grado de resiliencia).

Con los criterios anteriores se presenta la siguiente tabla de valoración total del paisaje:

Tabla IV. 61. Valoración del paisaje del Proyecto.

UNIDAD PAISAJÍSTICA	VALORACIÓN ESTÉTICA	VALORACIÓN ECOSISTÉMICA	CALIDAD VISUAL
BOSQUE DE OYAMEL	Común	Degradado	Media
BOSQUE DE PINO-ENCINO	Común	Degradado	Media
PASTIZAL INDUCIDO	Compun	Degradado	Baja
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	Común	Degradado	Baja

FRAGILIDAD VISUAL.

La fragilidad visual se evalúa teniendo también como base la geomorfología, vegetación y los elementos que encubren a otros, considerando que la fragilidad visual crece con la magnitud del contraste entre geomorfología, suelo y vegetación y disminuye con los que enmascaren una nueva actividad que pretenda ser incorporada a la zona de estudio, donde el factor enmascararte más importante es el relieve. Por otra parte, la vegetación; a mayor pendiente, mayor es la fragilidad visual y a medida que la pendiente se suaviza la absorción de las modificaciones a un paisaje, se atenúan paulatinamente. Lo anterior como resultado de que una visual resulta más vulnerable a medida que tiene una mayor visibilidad. En la tabla siguiente se presentan los resultados.

Tabla IV. 62. Fragilidad visual del Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

UNIDAD PAISAJÍSTICA	FACTORES INTRÍNSECOS			FACTORES EXTRÍNSECOS			FRAGILIDAD VISUAL
	ABUNDANCIA DE ELEMENTOS	TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE (INCIDENCIA VISUAL)	COMPLEJIDAD	CAMPO VISUAL	ACCESIBILIDAD	ELEMENTOS DE INFLUENCIA	
BOSQUE DE OYAMEL	Media	Media	Media	Baja	Media	Media	Baja
BOSQUE DE PINO-ENCINO	Media	Media	Media	Baja	Media	Media	Baja
PASTIZAL INDUCIDO	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	Alta
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	Alta

Tabla IV. 63. Base numérica para calcular la capacidad de acogida ecológica.

	Fragilidad visual			
Calidad visual	Categoría	Alta	Media	Baja
	Alta	1	2	3
	Media	2	3	4
	Baja	3	4	5

Con los resultados de este cruce se desarrolla la tabla de capacidad de acogida ecológica, donde los valores numéricos tienen el significado siguiente:

Tabla IV. 64. Agrupación de la Capacidad de Acogida Ecológica.

CLAVE	PONDERACIÓN PAISAJÍSTICA	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
	1	Baja capacidad de acogida o sensibilidad alta al cambio	Zona de alta calidad y fragilidad, cuya conservación resulta prioritaria.
	2		Zona de alta calidad y baja o moderada fragilidad, aptas en principio para la promoción de actividades que requieran calidad paisajística o causen impactos de baja ponderación en el paisaje.
	3	Modera capacidad de acogida ecológica o sensibilidad media	Zona de calidad y fragilidad medias, que puede incorporar obras cuando las circunstancias lo permitan e impactos mitigables.
	4		Zonas de calidad media a baja y fragilidad media baja, que pueden incorporase a la clase 5, cuando sea preciso
	5	Mayor capacidad de acogida o sensibilidad baja al cambio	Zonas de calidad y fragilidad bajas, aptas desde el punto de vista paisajístico para la localización de actividades poco gratas o que causen impactos muy fuertes.

Tabla IV. 65. Capacidad de Acogida Ecológica del Proyecto.

		Calidad visual			
	Subunidad paisajística	Bosque De Oyamel	Bosque De Pino-Encino	Pastizal Inducido	Agricultura De Temporal Anual
Fragilidad visual	Bosque De Oyamel	3			
	Bosque De Pino-Encino		3		
	Pastizal Inducido			5	
	Agricultura De Temporal Anual				5

Fuente: PIMEX Ingeniería, 2022.

Conforme a la tabla anterior se establece que, en su mayoría, las unidades presentes son aptas para la promoción de actividades que requieran calidad paisajística o causen impactos de baja ponderación en el paisaje, como es el caso de la MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DEL PROYECTO: E.C. (IXTLAHUACA – NAUCALPAN) CENTRO CEREMONIAL OTOMÍ – LLANO DEL RAYO – JIQUIPILCO EL VIEJO, TRAMO: DEL KM 0+000 AL KM 4+620 CON UNA META DE 4.6 KM., EN EL MUNICIPIO DE TEMOAYA, ESTADO DE MÉXICO"., ya que éste se encuentra en un camino con erosión moderada, teniendo clara evidencia de remoción del horizonte superficial. Es decir, que el trazo del proyecto se puede calificar como compatible, esto al presentar una moderada - alta capacidad de acogida ecológica.

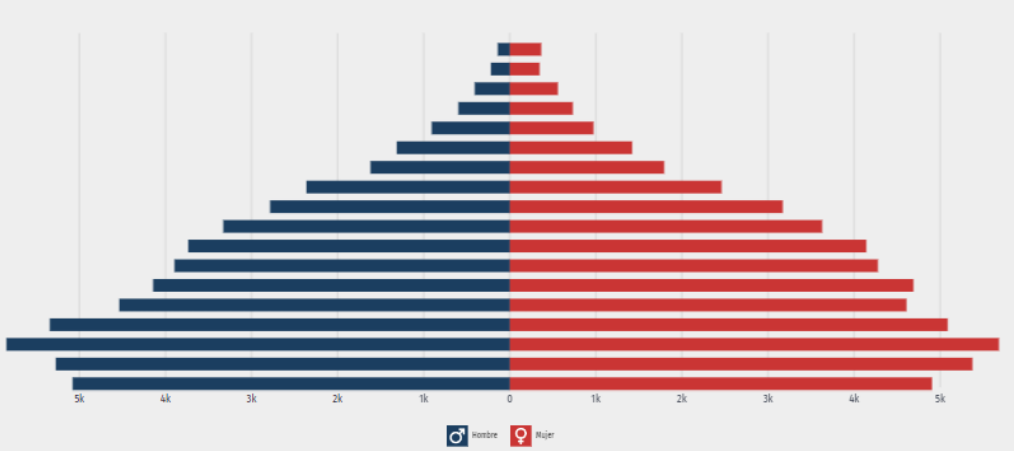
IV.5. SOCIOECONOMICO

Municipio de Temoaya

IV.5.1. POBLACIÓN

La población total de Temoaya en 2020 fue 105,766 habitantes, siendo 51.3% mujeres y 48.7% hombres.
Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (11,530 habitantes), 5 a 9 años (10,649 habitantes) y 15 a 19 años (10,431 habitantes). Entre ellos concentraron el 30.8% de la población total.

Gráfica IV. 10. Pirámide poblacional total de Temoaya 2020

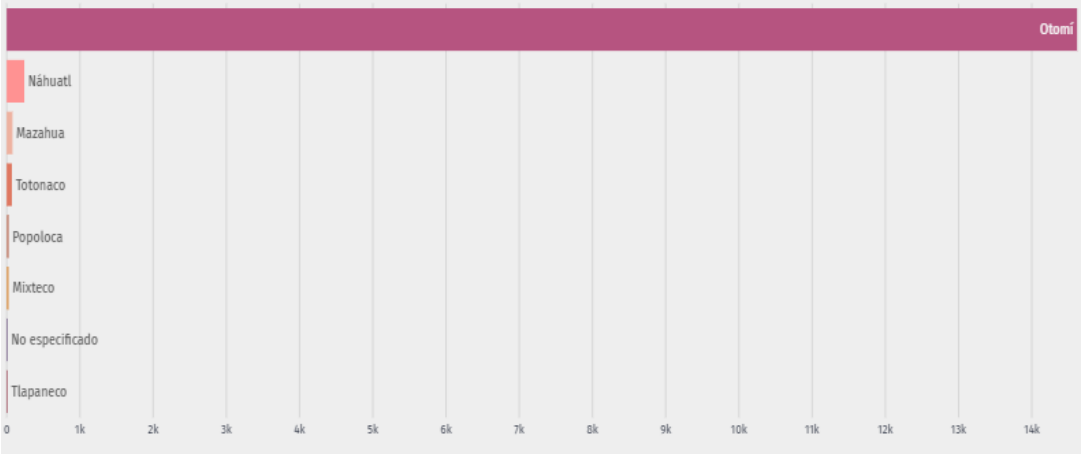


Fuente: Data México, 2022

IV.5.2. LENGUA INDIGENA

La población de 3 años y más que habla al menos una lengua indígena fue 15.1k personas, lo que corresponde a 14.3% del total de la población de Temoaya. Las lenguas indígenas más habladas fueron Otomí (14,618 habitantes), Náhuatl (240 habitantes) y Mazahua (79 habitantes).
La gráfica muestra las 10 principales lenguas indígenas habladas por la población de Temoaya.

Gráfica IV. 11. Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Temoaya



Fuente: Data México, 2022

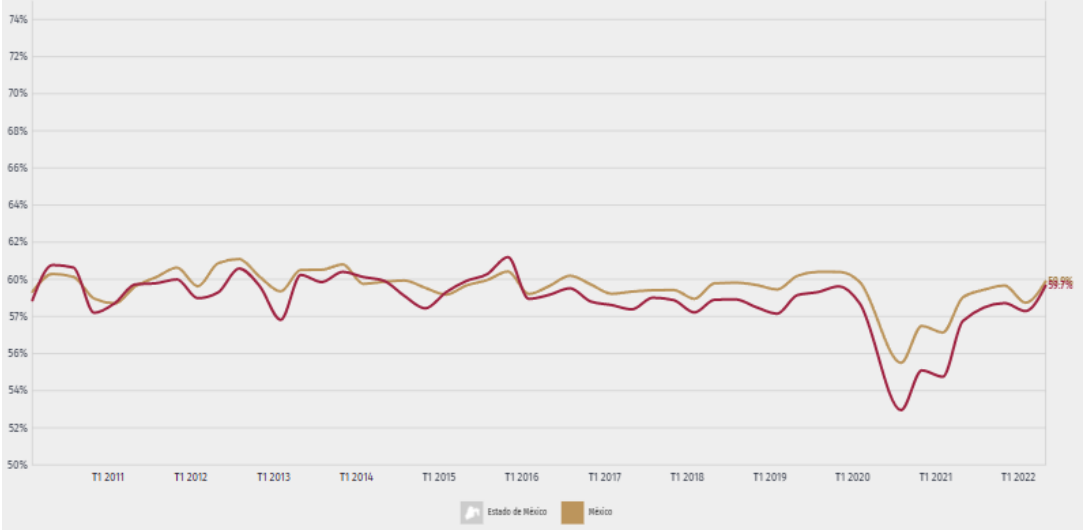
IV.5.3. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA)

En el segundo trimestre de 2022, la tasa de participación laboral en Estado de México fue 59.7%, lo que implicó un aumento de 1.37 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (58.3%).

La tasa de desocupación fue de 4.22% (342k personas), lo que implicó una disminución de 1.11 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (5.33%).

En la gráfica siguiente se puede visualizar los datos correspondientes a la entidad federativa del Estado de México, dado que no hay representatividad a nivel de municipio.

Gráfica IV. 12. Evolución de la población económicamente activa en Estado de México

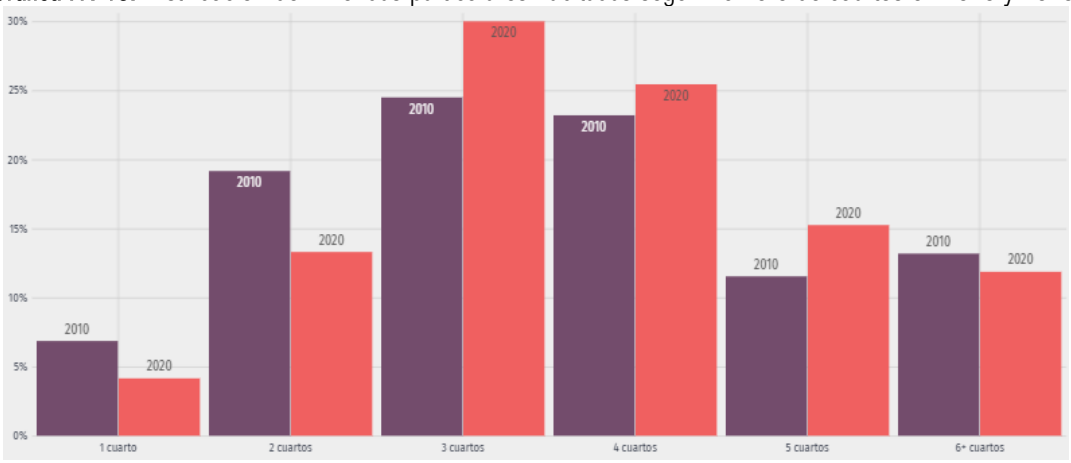


Fuente: Data México, 2022

IV.5.4. VIVIENDA

En 2020, la mayoría de las viviendas particulares habitadas contaba con 3 y 4 cuartos, 30% y 25.4%, respectivamente. En el mismo periodo, destacan de las viviendas particulares habitadas con 2 y 1 dormitorios, 43.8% y 25.3%, respectivamente.

Gráfica IV. 13. Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020.

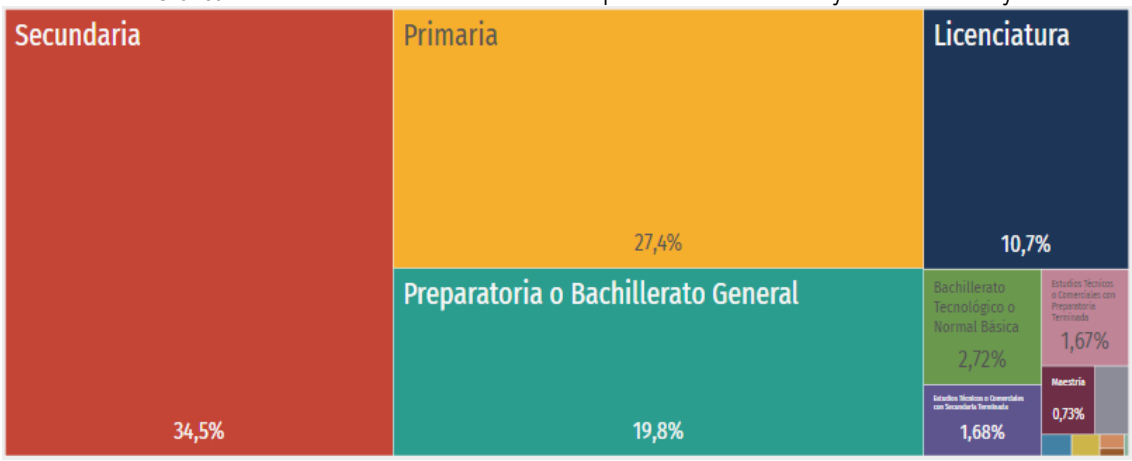


Fuente: Data México, 2022

IV.5.5. EDUCACIÓN

En 2020, los principales grados académicos de la población de Temoaya fueron Secundaria (24.3k personas o 34.5% del total), Primaria (19.2k personas o 27.4% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (13.9k personas o 19.8% del total).

Gráfica IV. 14. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en Temoaya

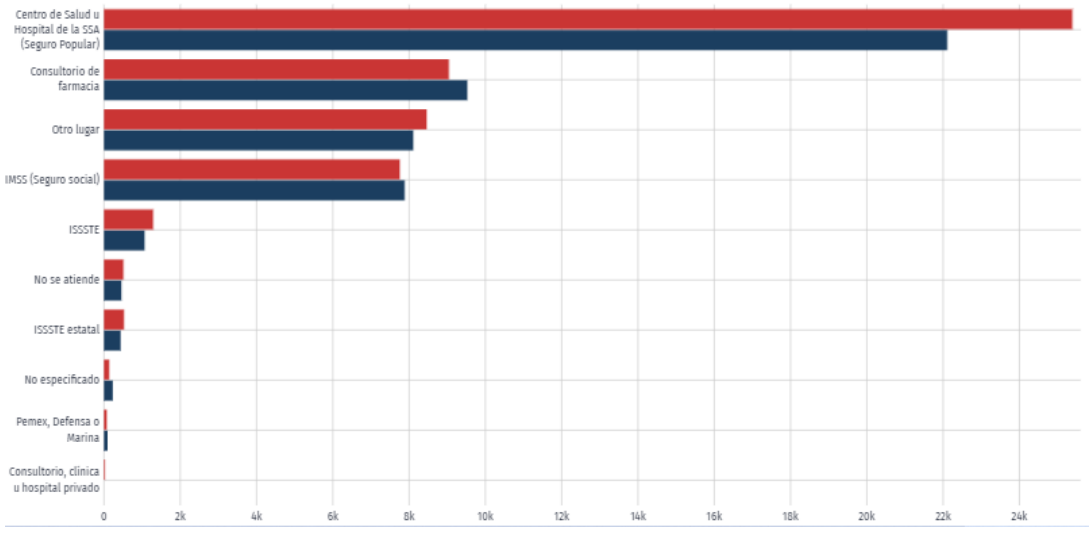


Fuente: Data México, 2022

IV.5.6. SALUD

En Temoaya, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) (47.5k), Consultorio de farmacia (18.6k) y Otro lugar (16.6k). En el mismo año, los seguros sociales que agruparon mayor número de personas fueron Pemex, Defensa o Marina (43.9k) y No Especificado (34k).

Gráfica IV. 15. Distribución de personas afiliadas a servicios de salud por sexo (2020)



Fuente: Data México, 2022

IV.6. DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Para determinar el diagnóstico Ambiental del área del proyecto se realizará en función de área de influencia directa, ya que se trata de un espacio geográfico de menores dimensiones y dada la naturaleza del análisis es mucho más eficiente a una menor escala

IV.6.1. MEDIO ABIÓTICO

A continuación, se presentan los criterios de evaluación considerados como referencia estimada para otorgar una calificación a cada unidad de paisaje.

AIRE

- *Emisiones de gases*: este indicador se basa en la calidad del aire tomando como parámetro la NOM-041-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes de los escapes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Enfocado a la zona de estudio.
- *Emisión de polvos*: Este indicador se basa en la emisión de partículas de polvo suspendidas por las actividades realizadas durante el proyecto, como el desmonte, despalme, acarreo de materiales, etc. Los rangos de evaluación se establecieron de acuerdo con el grado de emisión de partículas que puede levantar un vehículo o maquinaría al paso o por la carga, descarga, transporte de materiales, por lo que la evaluación se sitúa desde la nula visibilidad provocada por la alta concentración de partículas, hasta la presencia de aire puro, sin influencia de emisión de partículas por actividad antrópica o natural.

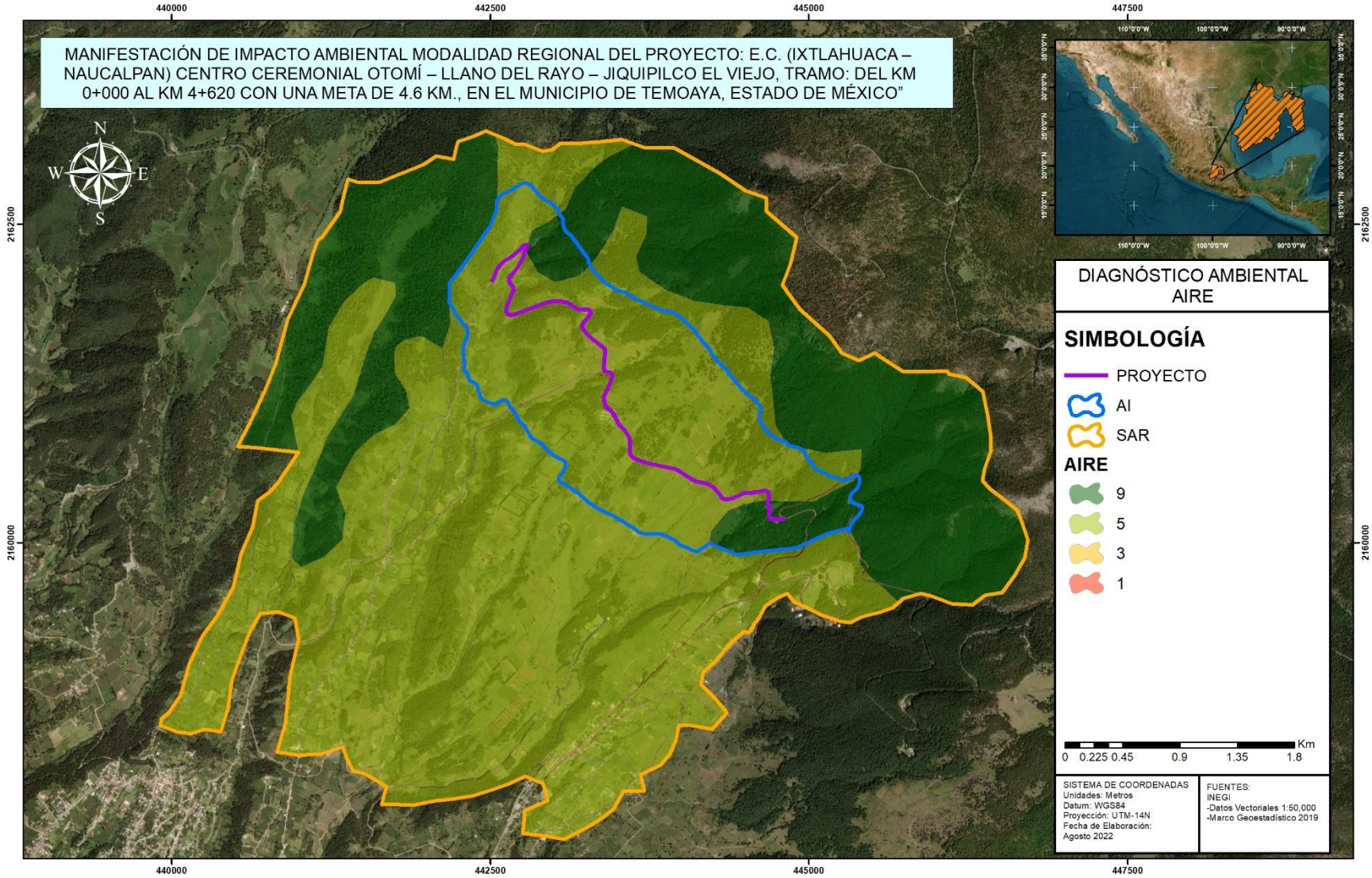
El criterio utilizado para evaluar el aire se presenta en la siguiente tabla, en donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental, en tanto que los valores menores señalan una menor calidad ambiental.

Tabla IV. 66. Ponderación del aire.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	EMISIÓN DE GASES	EMISIÓN DE POLVOS
Degradado	1	Emisión de gases todo el tiempo con abundante tránsito de vehículos y actividades antrópicas constantes	Nula visibilidad
Muy mala	2	Emisión de gases por más de 12 horas continúas con abundante tránsito de vehículos y actividades antrópicas.	Poca visibilidad la mayor parte del tiempo
Mala	3	Emisión de gases por tránsito de vehículos en horarios pico, acompañado de actividades antrópicas	Poca visibilidad en horarios pico
Moderada	4	Emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas.	Poca visibilidad en al menos 2 ocasiones durante el día
Regular/modificado	5	Emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas.	Poca visibilidad en ocasiones eventuales (temporales)
Aceptable/modificado	6	Hay emisiones bajas de vehículos y antrópicas en varios puntos de la zona de estudio	Hay liberación de partículas en varios puntos
Buena	7	Aire aceptable, emisiones de vehículos y antrópicas incipientes y aisladas, en algunas zonas del proyecto	Aire aceptable, emisiones de partículas incipientes y aisladas, polvo en estiaje
Muy buena	8	Aire puro, muy poca influencia de emisiones derivadas del tránsito de vehículos y actividad antrópica	Aire puro, muy pocas emisiones de partículas derivadas de actividad antrópica o natural, aún en estiaje
Sin perturbación	9	Aire puro, sin influencia de emisiones por tránsito de vehículos o actividad antrópica	Aire puro, sin influencia de emisiones de partículas por actividad antrópica

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022.

Imagen IV. 60. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente aire).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

La imagen anterior señala que las zonas de mejor calidad ambiental en el Sistema Ambiental Regional en el orden de ideas del aire se presentan en las zonas altas, poco accesibles y mejor conservadas del Sistema Ambiental Regional, zonas que coinciden con el bosque de cníferas, es decir se tratan de zonas sin perturbación (**9**) con Aire puro, sin influencia de emisiones por tránsito de vehículos o actividad antrópica. Las zonas pecuarias de los pastizales inducidos y las zonas agrícolas presentan un valor igual a **5** (**regular/modificado**), esto debido a la emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas, amén de la poca visibilidad que se puede presentar en temporadas de vientos fuertes por los sedimentos que se acumulan en el camino. Amén, de que la ganadería produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Los animales y sus excretas emiten gases que contribuyen al cambio climático, amén de los pesticidas utilizados en los cultivos que también contaminan el aire. Los caminos tipo brecha presentan una valoración igual a **3** (**Mala**) con Emisión de gases por tránsito de vehículos en horarios pico, acompañado de actividades antrópicas. Finalmente, las zonas evaluadas como de calidad ambiental **degradada** con puntaje de **1** coinciden con las carreteras de terracería y pavimentadas, esta valoración se debe a que existe emisión de gases por más de 12 horas continúas con abundante tránsito de vehículos sobre la carretera que influye en las zonas aledañas. Asimismo, se puede observar caso similar en el Área de Influencia del proyecto con zonas pecuarias de los pastizales inducidos y las zonas agrícolas presentan un valor igual a **5** (**regular/modificado**), y otro manchón con zonas sin perturbación (**9**).

SUELO.

En todos los proyectos de infraestructura, el elemento suelo, suele ser uno de los más impactados, ya que este recurso se ve afectado en su totalidad. De esta manera es importante mencionar a este elemento como un indicador. El criterio utilizado para evaluar el factor suelo se presenta en la siguiente tabla, en donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental.

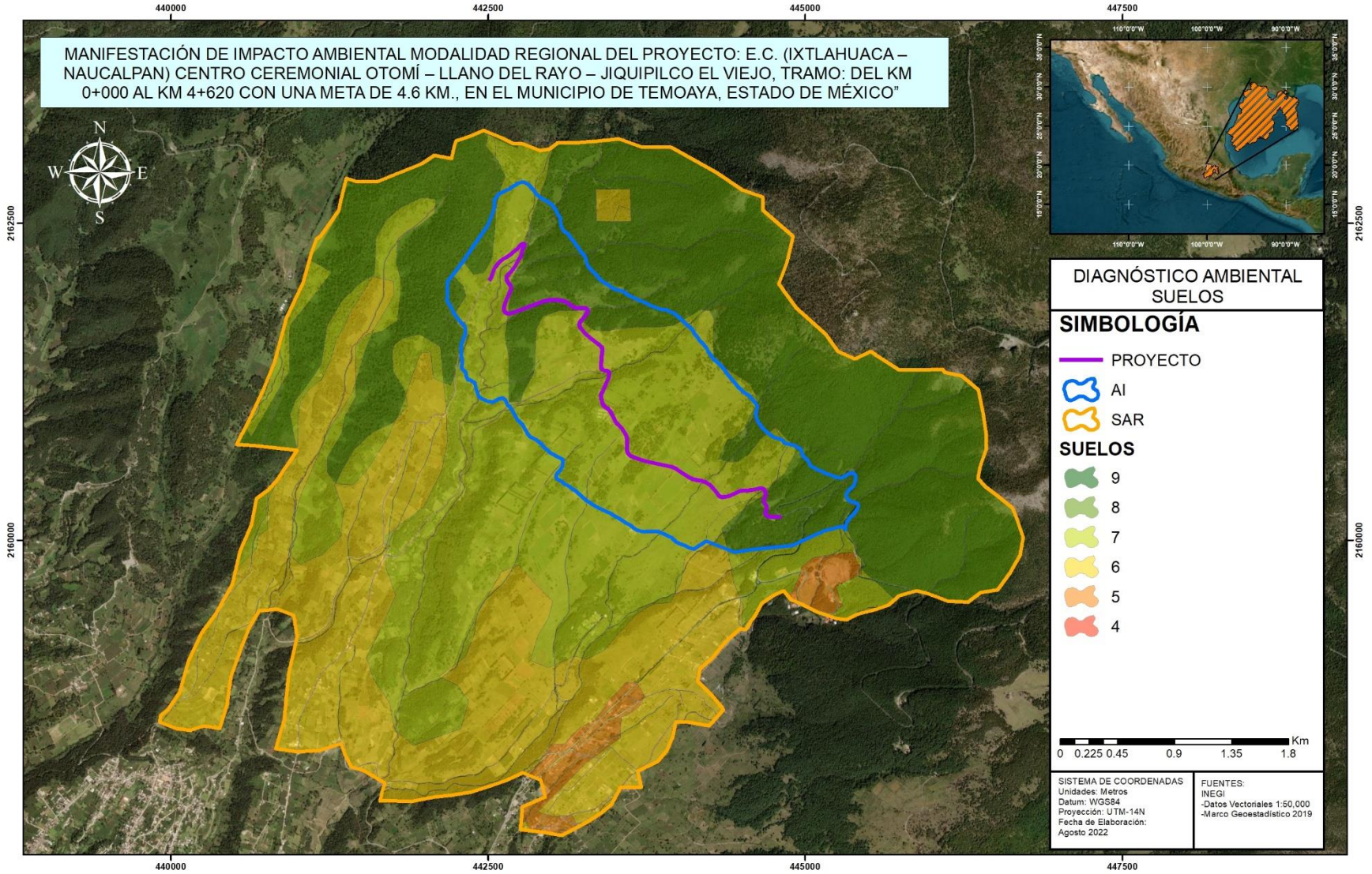
Tabla IV. 67. Ponderación del suelo.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	EROSIÓN
Degradado	1	Erosión severa (ES): superficies extensas donde el material parental está totalmente expuesto y es evidente la presencia de cárcavas de 1 m o más de ancho. Estas áreas están totalmente desprovistas de vegetación
Muy mala	2	Erosión severa (ES): áreas donde el material parental está totalmente expuesto y es evidente la presencia de erosión en cárcavas de 1 m o más de ancho. Estas áreas están desprovistas de vegetación, excepto en relicto
Mala	3	Erosión severa (ES): áreas desnudas de vegetación donde el material parental está expuesto y es evidente la presencia de cárcavas de 1 m o menos. Estas áreas están desprovistas de vegetación, excepto en relictos donde se conserva vegetación natural
Moderada	4	Erosión media (EM): áreas con escasa cobertura vegetal, pastizales, matorrales o bosques muy abiertos. El suelo mineral es somero y está expuesto. En partes el material parental (rocas o tepetate) está parcialmente expuesto. No se observan cárcavas mayores a 1 m, aunque sí erosión en canalillos, laminar u eólica
Regular/modificado	5	Erosión media (EM): áreas con escasa cobertura vegetal, pastizales, matorrales o bosques muy abiertos. El suelo mineral es somero y está expuesto. En partes el material parental (rocas o tepetate) está parcialmente expuesto. No se observan cárcavas mayores a 50 cm, aunque sí erosión de tipo laminar, en canalillos u eólica
Aceptable/modificado	6	Erosión incipiente (EL): áreas con cobertura vegetal arbustiva, herbácea y a veces arbórea en dónde se aprecia muy poca pérdida de suelo por el efecto del agua y el aire, en consecuencia, el suelo mineral no está expuesto. Aunque en ocasiones el suelo mineral está expuesto éste se mantiene en su sitio por el efecto de la vegetación
Buena	7	Erosión incipiente (EL): áreas con cobertura vegetal arbustiva, herbácea y a veces arbórea en dónde se aprecia muy poca pérdida de suelo por el efecto del agua y el aire, en consecuencia, el suelo mineral no está expuesto. Aunque en ocasiones el suelo mineral está expuesto éste se mantiene en su sitio por el efecto de la vegetación
Muy buena	8	Áreas con erosión mínima (NE): Esta categoría incluye áreas agrícolas con pendientes menores de 5%, o bien, con vegetación forestal suficientemente densa como para evitar algún grado de erosión

Sin perturbación	9	Áreas sin erosión (NE): Esta categoría incluye áreas agrícolas con pendientes menores de 5%, o bien, con vegetación forestal suficientemente densa como para evitar algún grado de erosión

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 61. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente suelo).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En el Sistema Ambiental Regional la menor calidad ambiental **erosión media** (4) se tratan también de suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, aunque estos parches presentan erosión hídrica laminar moderada, suelos con cauces permanentes y carreteras de terracería sobre ellos.
Las zonas con **erosión media** (5) se tratan de los suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, con cauces permanentes, agricultura, brechas y carreteras de terracería, presentan erosión hídrica laminar moderada y antrópica.
Las zonas con **erosión incipiente** (6) se tratan también de suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, aunque algunas de estas zonas presentan erosión antrópica y erosión hídrica laminar moderada y algunas otras sin erosión evidente, sobre los que se asentó la agricultura, las brechas, las carreteras de terracería, algunos cauces intermitentes y otros permanentes; el bosque de oyamel y los pastizales.
Los suelos andosoles de textura media con **erosión incipiente** (7) son los suelos con baja vulnerabilidad a la erosión per se, en algunas partes sin erosión aparente, otras con erosión hídrica laminar moderada, sobre estas áreas se presenta agricultura, pastizal inducido, bosque de coníferas, cauces intermitentes, brechas y carreteras pavimentadas.
Los suelos que presentan **erosión mínima** (8) se tratan de los suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se. Las zonas sin erosión aparente sobre las que se asientan bosque de oyamel y bosque de pino-encino, cauces intermitentes y pastizal inducido. Finalmente, en suelos con erosión hídrica laminar moderada sobre la que se asentaron las carreteras pavimentadas.
Finalmente, los andosoles de textura media sin erosión evidente sobre los que se asentaron secciones de las carreteras pavimentadas presentan una ponderación **sin erosión** (9)
En otras palabras, el Sistema Ambiental Regional no presenta evidencia de erosión severa, es decir valores entre 1 y 3.

En lo que se refiere al **Área de Influencia** se presentan evaluaciones similares al Sistema Ambiental con zonas con erosión media hasta zonas sin erosión aparente.

HIDROLOGÍA

- *Capacidad de infiltración*: la evaluación se realizó mediante factores que afectan la capacidad de infiltración como: entrada en la superficie; transmisión a través del suelo; agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo; características del medio permeable; características del flujo, además de la presencia de vegetación.

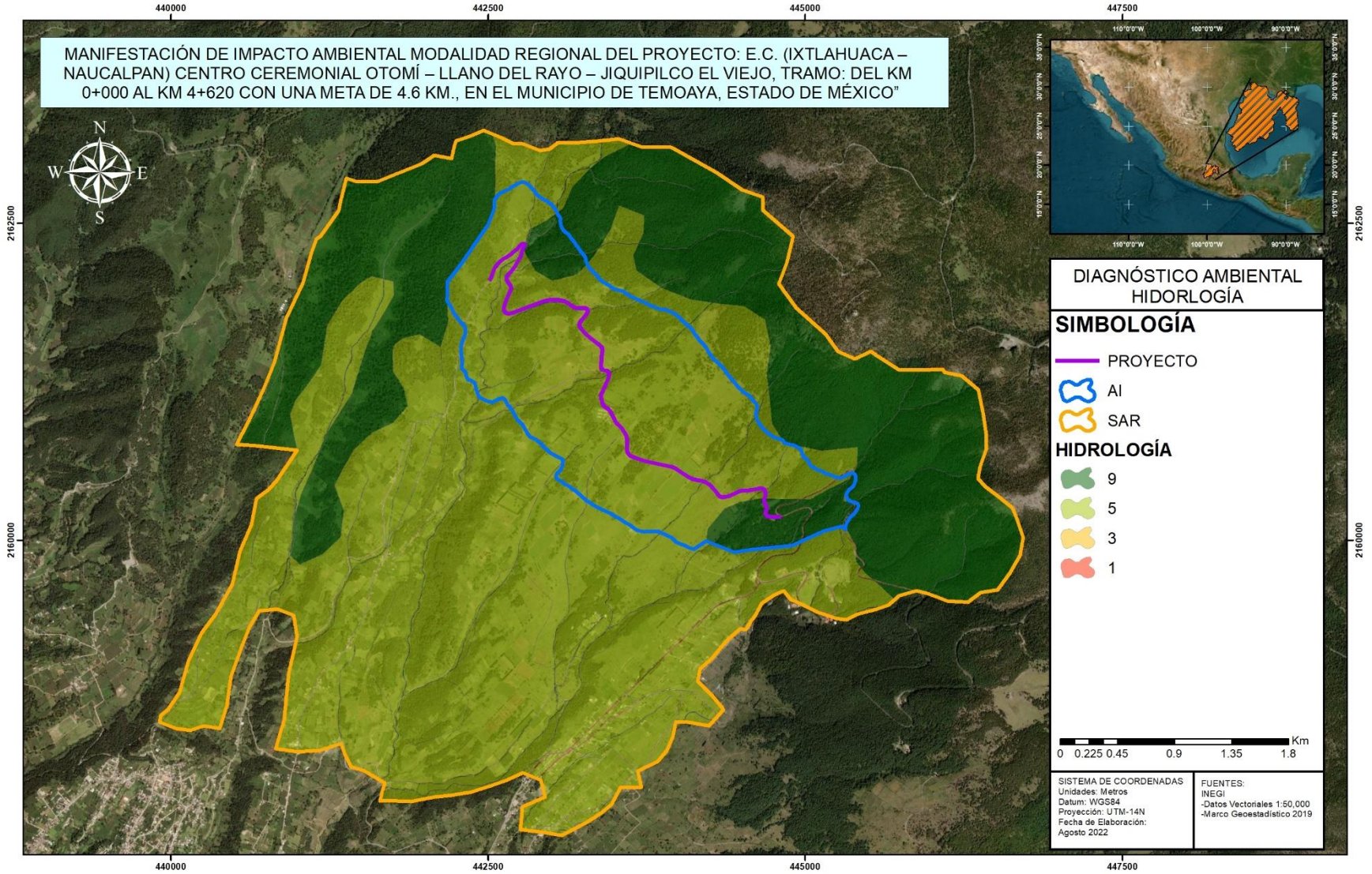
El criterio utilizado para evaluar la hidrología se presenta en la siguiente tabla, en donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental.

Tabla IV. 68. Ponderación de la hidrología.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN
Degradado	1	Capacidad de infiltración nula, por falta de suelo; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca superficial. Sin retención de agua
Muy mala	2	Capacidad de infiltración nula, presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca superficial. Sin retención de agua
Mala	3	Capacidad de infiltración escasa en partículas de suelo acumulado; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca continua. Escasa retención de agua
Moderada	4	Infiltración insuficiente por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por escorrentía. Poca capacidad de retención
Regular/modificado	5	Infiltración limitada por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por evaporación. Poca capacidad de retención. Escaso aprovechamiento del agua retenida por la reducida cobertura vegetal
Aceptable/modificado	6	Infiltración limitada por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por evaporación o interceptación neta de la vegetación. Poca capacidad de retención. Aprovechamiento del agua retenida por la vegetación
Buena	7	Infiltración buena, algunos poros se encuentran saturados con agua, la capacidad de infiltración mejora; la infiltración se hará en función de la permeabilidad de los estratos inferiores. La retención de agua es buena suficiente para la vegetación y otros procesos
Muy buena	8	Infiltración eficiente, gran parte de los poros del suelo se encuentran saturados de agua, la permeabilidad de los estratos inferiores se optimiza, por lo tanto, la infiltración alcanza mayor profundidad. La retención de agua es más eficiente y suficiente para abastecer al manto freático y a la vegetación por periodos de tiempo más largos aún en época de estiaje. Hay mayor capacidad de retención de agua por la vegetación
Sin perturbación	9	Máxima capacidad de infiltración (velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo). Agua en abundancia para mantener el manto freático al máximo y los ciclos biogeoquímicos

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 62. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente hidrología).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Como se puede apreciar en la imagen anterior en el Sistema Ambiental Regional las corrientes y cuerpos de agua perenne e intermitentes con cauces como el Arroyo Campanario, el Arroyo Nepeni y Arroyo Tres Hojuelos, Río Agua Blanca y Río Los Ajolotes presentan la mayor ponderación de **9** (**sin perturbación**) con la máxima capacidad de infiltración, agua en abundancia para mantener el manto freático al máximo y los ciclos biogeoquímicos. Con esta misma ponderación se encuentra el bosque de oyamel y el bosque de pino-encino. Las zonas con **Infiltración limitada** (**5**) por el horizonte de suelo existente se tratan de las zonas con agricultura de temporal anual y el pastizal inducido con fines pecuarios, estas partes presentan pérdida de la infiltración por evaporación con poca capacidad de retención. Los caminos tipo brecha, las carreteras de terracería presentan una capacidad de **infiltración escasa** (**3**) en partículas de suelo acumulado; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca continua; es decir, se tiene escasa retención de agua. Finalmente, los terrenos que presentan la menor ponderación con capacidad de **infiltración nula** (**1**) se tratan de las carreteras pavimentadas.

En lo que se refiere al Área de Influencia prevalecen también al igual que en el SAR las zonas catalogadas como **Infiltración limitada** (**5**) por el horizonte de suelo existente se tratan de las zonas con agricultura de temporal anual y el pastizal inducido con fines pecuarios, estas partes presentan pérdida de la infiltración por evaporación con poca capacidad de retención. y algunos manchones con zonas con capacidad de **infiltración nula** (**1**) que coinciden con las carreteras pavimentadas. De menor representatividad se presentan zonas con la **máxima capacidad de infiltración** (**9**), e infiltración escasa (**3**).

GEOMORFOLOGÍA.

- *Intemperismo del material parental*: este indicador se evaluará de manera porcentual de acuerdo con la intemperización o exposición del material parental, tomando en cuenta el tipo, tamaño y grado de su estructura lábil

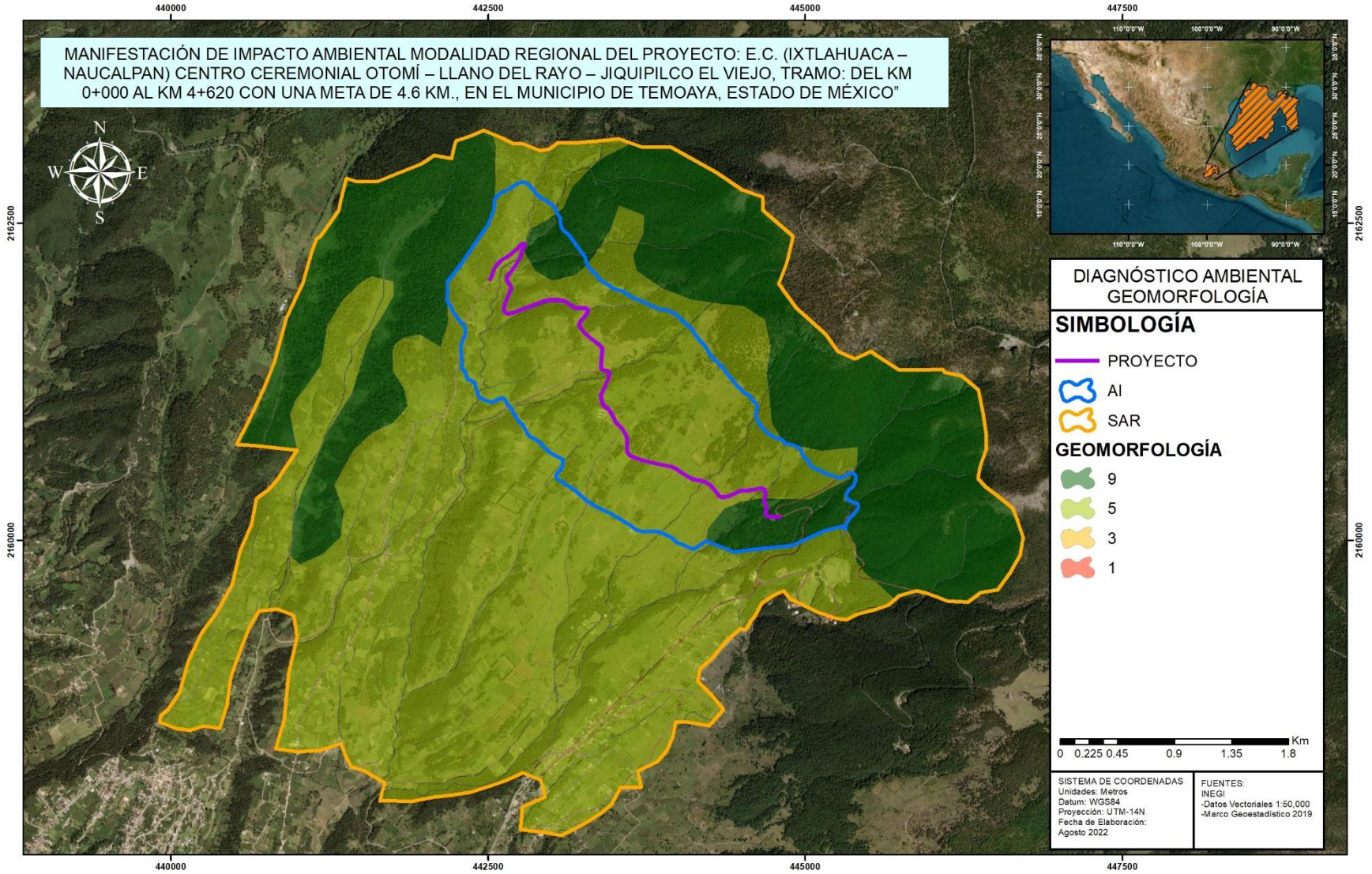
Con la explicación previa se designaron valores a determinadas áreas con las siguientes características:

Tabla IV. 69. Ponderación de la geomorfología.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	INTEMPERISMO DE LA ROCA
Degradado	1	Roca expuesta: estructura angular a prismática, grande, fuerte. Textura y mineralogía primarias fácilmente reconocibles en muestra de mano
Muy mala	2	Poco intemperizada: Estructura original reconocible, cambios de color incipientes en matriz y minerales
Mala	3	Ligeramente intemperizado: incremento en la densidad de fracturamiento y alteración de minerales originales
Moderada	4	Ligeramente intemperizado: incremento en la densidad de fracturamiento y alteración de minerales originales, pérdida de cohesión en la roca
Regular/modificado	5	Moderadamente intemperizado: roca parcialmente transformada en suelo, roca > suelo
Aceptable/modificado	6	Fuertemente intemperizado: roca parcialmente transformada en suelo, suelo > roca
Buena	7	Completamente intemperizado: suelo incipiente, algunos remanentes de estructuras primarias
Muy buena	8	Formación de suelo: algo de contenido orgánico y pérdida total de textura y mineralogía primaria del material parental
Sin perturbación	9	Formación de suelo: algo de contenido orgánico y pérdida total de textura y mineralogía primaria del material parental

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 63. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente geomorfología).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Las zonas sin perturbación en lo que se refiere a la geomorfología en el SAR coinciden con la vegetación natural prevaleciente, es decir el bosque de coníferas que presentan una ponderación de **9 (sin perturbación)**, amén de las corrientes de agua permanentes y/o intermitentes lo cual obedece a que este tipo de cauces modifican las geoformas, aunque de manera natural. Las zonas con agricultura de temporal y los pastizales inducidos con fines pecuarios presentan una calificación igual a **5** (**regular/modificado**), esto debido a que la posible erosión del suelo por la escasa vegetación puede provocar derrumbes que modifiquen las geoformas. En tanto que, Los caminos tipo brecha presentan una ponderación igual a **3** (**mala**) Finalmente, las carreteras de terracería y pavimentadas del SAR presentan la ponderación menor de **1**, lo cual obedece a que en estas zonas la geomorfología natural ha sido cambiada completamente por la mano humana.

En lo que respecta al Área de Influencia se presenta un dominio de zonas con regular calidad en la geomorfología (5) y algunos fragmentos con muy mala calidad (1), y otros pocos con mala calidad (3) y en menor proporción las calidades excelentes (9)

IV.6.2. MEDIO BIÓTICO

VEGETACIÓN.

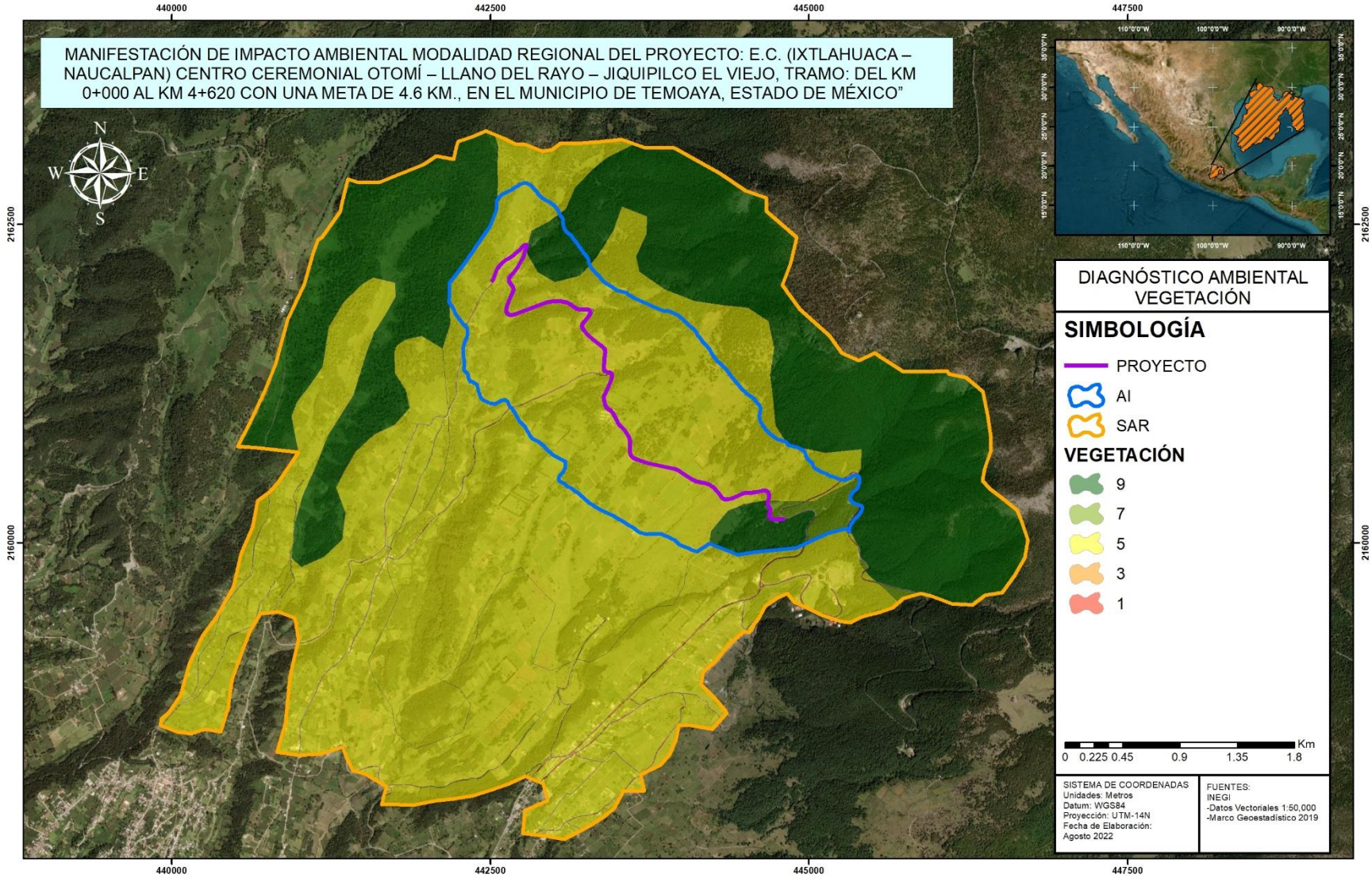
El efecto principal que conlleva la eliminación de la cobertura vegetal en los sitios es la fragmentación del hábitat, lo que provoca efectos de borde y altera la estructura y las funciones originales del ecosistema. De manera indirecta la poca cobertura vegetal elimina las fuentes de alimentación y refugio de la fauna que habita en el ecosistema.

Tabla IV. 70. Ponderación de la vegetación.

ESCALA DE EVALUACIÓN	ESCALA	% DE COBERTURA VEGETAL EN EL POLÍGONO
Degradado	1	0 al 30 % de cobertura vegetal presente en el polígono
Bajo estado conservación	3	30 al 50 % de cobertura vegetal presente en el polígono o se trata de localidades, caminos o carreteras.
Regular/modificado	5	50 al 70 % de cobertura vegetal presente en el polígono o se trata de zonas de agricultura o pastizales inducidos por actividad antrópica
Buena	7	70 al 95 % de cobertura vegetal presente en el polígono. Vegetación herbácea y arbustiva sin perturbación
Sin perturbación	9	95 al 100% de cobertura vegetal presente en el polígono. Mayor cobertura vegetal, sin perturbación

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 64. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente vegetación).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

De acuerdo con lo exhibido en el apartado de vegetación, se tiene que, en el Sistema Ambiental Regional se presenta un mosaico de remanentes de bosque de oyamel y bosque de pino-encino, que han sido transformados en un mosaico fragmentado por las vías de comunicación, pero principalmente por el cambio de uso de suelo hacia el pastizal inducido con fines pecuarios y agricultura, que han traído consigo la pérdida y fragmentación del hábitat natural. De acuerdo con esto, la zona con mejor ponderación la presentan todos los remanentes de vegetación de bosque de mayor tamaño presentan una valoración igual a **Sin perturbación** (**9**), lo cual obedece a que en estos manchones de mayor superficie se espera encontras mayor cantidad de especies claves, amén de mejor estado de conservación. Toda vez que, los fragmentos de menor tamaño de bosque de coníferas presentan una ponderación igual a **7** (**buena**). En tanto que, toda la vegetación introducida del pastizal inducido, las zonas agrícolas presentan una ponderación igual a **5** (**regular/modificado**). En tanto que, los caminos tipo brecha presentan una ponderación igual a **3** (**regular/modificado**). Finalmente, todas las zonas desprovistas de vegetación como son las diferentes vías de comunicación presentan la menor ponderación de **1**, lo cual obedece a que se trata de zonas desprovistas de vegetación. Cabe señalar y recordar que, de acuerdo con los recorridos realizados por las áreas donde se pretende la modernización del camino, las características de la vegetación presentan un mediano grado de perturbación.

En el Área de Influencia ocurre la misma situación que con el SAR con una prevalencia de zonas con calidad regular (5), seguido por la excelente calidad (9), buena calidad (7) con los fragmentos de mayor tamaño de bosque de coníferas, algunas zonas de muy mala calidad (1) que coinciden con las carreteras.

FAUNA.

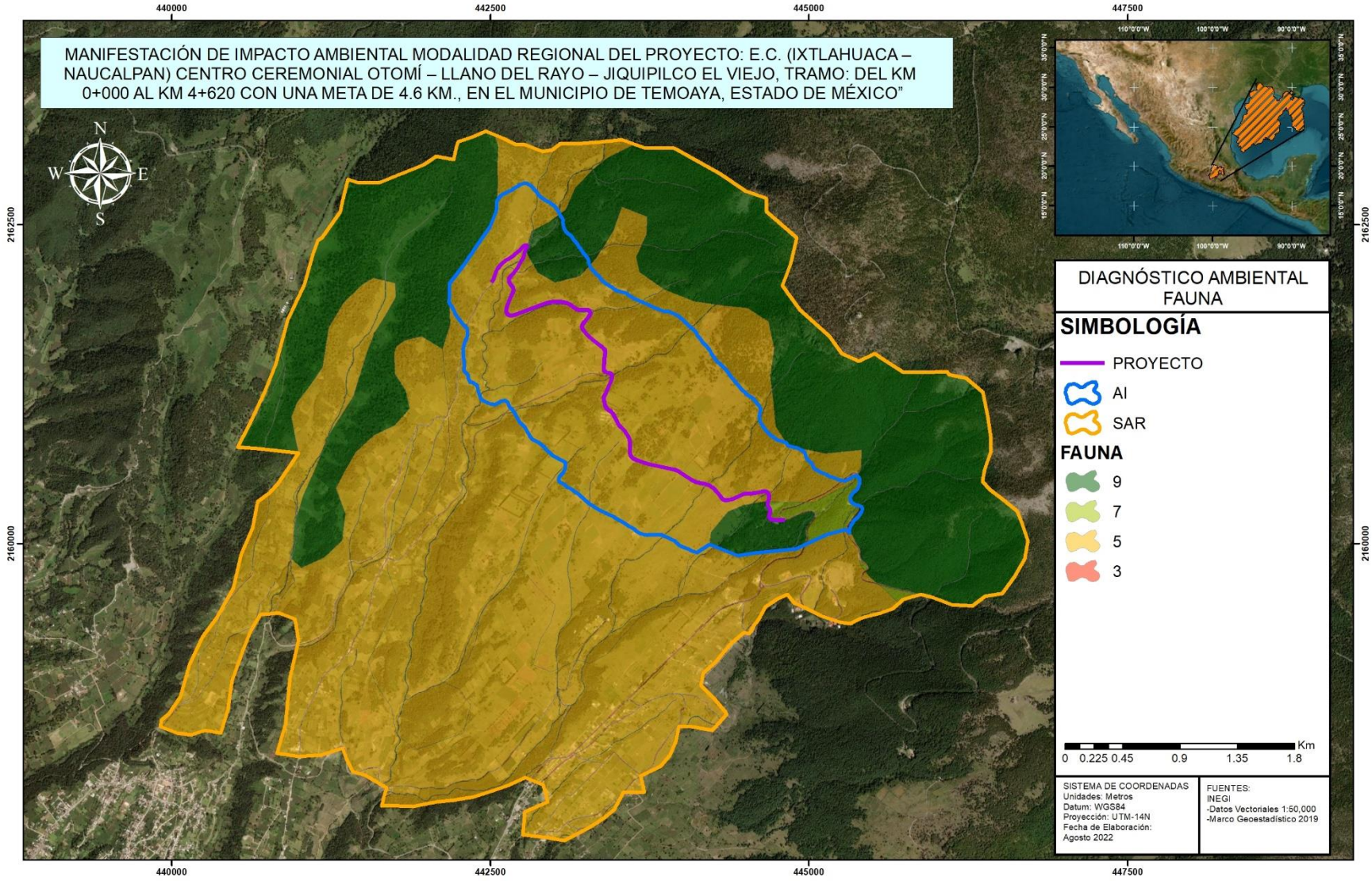
Para determinar la calidad ambiental de los sitios que serán afectados por el trazo del proyecto, se tomarán en cuenta el índice de diversidad de especies (Shannon-Wiener), el cual engloba riqueza y abundancia de las especies. Sin embargo, ya que los recursos no se encuentran distribuidos de manera homogénea en los hábitats, sino que existen diferencias tanto en la composición, estructura y calidad del hábitat, en la distribución espacial y temporal de los recursos como el agua, alimento, áreas de reproducción o refugio. Estas diferencias micro ambientales tienen su efecto en una desigual distribución de la fauna, la cual estará presente o será más abundante en los sitios más propicios, mientras que los animales evitarán aquellos que no cumplen con un mínimo de condiciones y recursos, por ejemplo, para construir madrigueras o nidos, que posean alimento cercano o le brinden protección contra sus depredadores.

Tabla IV. 71. Ponderación de la fauna.

ESCALAS DE EVALUACIÓN	VALOR	ÍNDICE DE SHANNON
Mala	3	Valores entre 1 y 1.99 indican que son sitios con una diversidad biológica baja
Moderada	5	Valores entre 2 y 2.99 indican que son sitios con una diversidad biológica media
Buena	7	Valores entre 3 y 3.4 indican que son sitios con una diversidad biológica alta
Muy buena	9	Valores > 3.5 indican que se trata de sitios con una diversidad biológica muy alta

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 65. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente fauna).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Para el caso del factor fauna en el Sistema Ambiental Regional se tiene que la mayor representación la tienen las zonas catalogadas como **Muy buena** (**9**). Específicamente se tratan de las zonas que presentan las condiciones de hábitat, refugio, comida, etc. Para la prevalecencia de las especies animales se tratan de todos los fragmentos de mayor tamaño de vegtetación natural, además de los cuerpos de agua. Enseguida, las zonas catalogadas como **buenas** (**puntuación=7**). Específicamente las áreas de buena calidad corresponden con los fragmentos de bosque prevaleciente y de menor superficie en el que se presentan especies clave. Amén de que, estas zonas son más propicias de tener recursos como el agua, alimento, áreas de reproducción o refugio, en la que los recursos disponibles son más limitados. El siguiente valor ponderado con **5** (**regular/modificado**) lo presentan todas las zonas de pastizales y de agricultura. El menor valor en lo que se refiere a fauna lo presentan las zonas desprovistas de vegetación, en la que la fauna difícilmente puede habitar, amén de que en las vías de comunicación (brechas, veredas y carreteras en este caso particular) se puede presentar muerte de animales a causa de la mortalidad vial (en parte debido a la atracción de animales por carreteras por el "efecto trampa"), niveles más altos de perturbación y estrés, junto con la pérdida de refugios, con reducción o pérdida de hábitat, por mencionar algunas consecuencias de la existencia de este tipo de vías de comunicación con respecto a la fauna del lugar.

En lo que se refiere al Área de Influencia se presentan zonas más propicias de contar con recursos naturales para la sobrevivencia de las especies animales con bosque de coníferas en estado primario en el extremo sureste, aunque prevalecen zonas agropecuarias, también debido a la cercanía con las vías de comunicación existe un riesgo mayor de presentarse muertes de animales por el efecto trampa, amén de los altos niveles de perturbación y estrés.

PRESENCIA ANTRÓPICA.

Los elementos relacionados con el medio socioeconómico considerados para la evaluación de la calidad ambiental son las vías de comunicación y asentamientos humanos; las vías de comunicación han sido consideradas por los efectos directos e indirectos que producen, como la eliminación de franjas del matorral, además que algunos tipos de vías proporcionan acceso a la colonización sobre terrenos no aptos para el desarrollo de asentamientos.

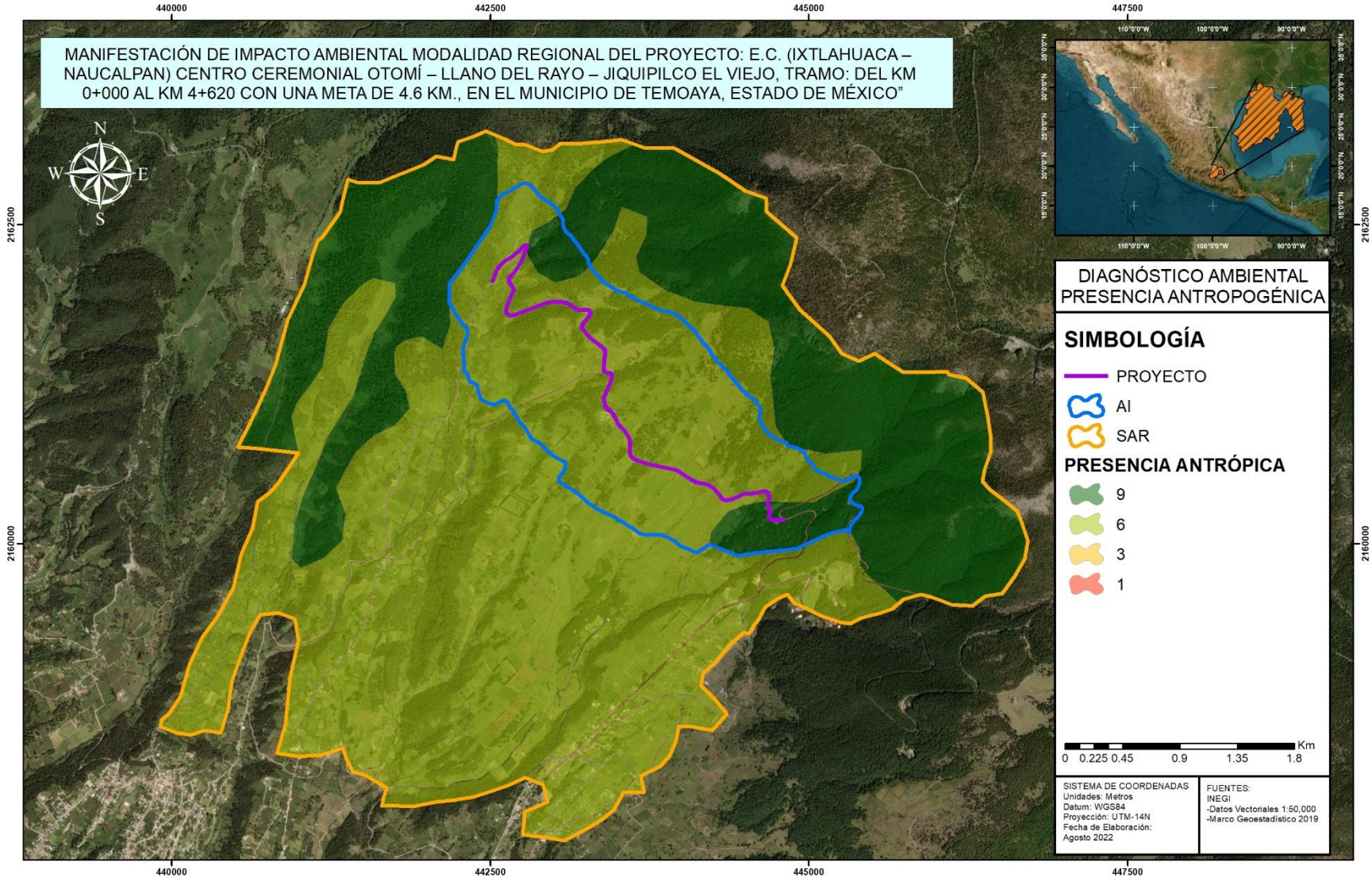
Los asentamientos humanos se consideraron dentro de la calidad ambiental también en dos tipos, Localidades rurales y Localidades urbanas; las localidades urbanas son aquellas que concentran más de 2,500 habitantes; cabe señalar que su extensión territorial y la concentración de población tiene que ver de manera directa con el grado de modificación que ha sufrido el medio natural inmediato a dichas zonas.

Tabla IV. 72. Ponderación de la presencia antrópica.

RANGOS		VIALIDADES	ASENTAMIENTOS HUMANOS
ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	POR TIPO DE VIALIDAD	PRESENCIA DE LOCALIDADES URBANAS Y/O RURALES
9	Sin perturbación	Cuando no existen vías de comunicación	Sin presencia de asentamientos humanos
6	Buena	Cuando únicamente hay terracería, brechas y veredas o cuando predominan carreteras.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo rural (es decir con menos de 2500 habitantes)
3	Moderada	Cuando predominan vías de segundo orden, brechas y veredas.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo urbano (es decir con más de 2500 habitantes)
1	Aceptable/modificado	Cuando predominan vías tercer orden, pavimentadas y terracerías dentro del polígono.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo urbano y rural.

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 66. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente presencia antrópica).



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

En la anterior imagen podemos atisbar que la mayor superficie del Sistema Ambiental y del Área de Influencia presenta una buena calidad ambiental en lo que se refiere a la presencia antropogénica, con únicamente carreteras de terracería, caminos tipo brecha y tipo vereda, aunado a las zonas agropecuarias. Mientras que las zonas prácticamente sin presencia antropogénica y sin la existencia de caminos se tratan de toda la vegetación secundaria y primaria de bosque de coníferas.

Para el análisis del diagnóstico ambiental se utilizó el **álgebra de mapas**. El álgebra de mapas contiene el conjunto de procedimientos que permiten analizar capas ráster y extraer información a partir de ellas, para el presente estudio se requirió a la ayuda del programa ArcGIS 10.3.1, para manejar esta información. La información contenida en las capas es susceptible de ser analizada para la obtención de otras capas referentes al mismo espacio geográfico, pero que contengan distinta información derivada de aquella. El álgebra de mapas es el conjunto de procedimientos y métodos que permiten llevar a cabo dicho análisis y extraer nuevos valores a partir de los contenidos en una o varias capas. Se entiende por ***álgebra de mapas*** el conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato ráster, nos permite obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos. Aunque nada impide que este proceso se lleve a cabo sobre capas vectoriales, se entiende que el álgebra de mapas hace referencia al análisis desarrollado sobre capas ráster, pues estas, por su estructura regular y sus características inherentes, son mucho más adecuadas para plantear los algoritmos y formulaciones correspondientes. Los procedimientos que se aplican sobre información geográfica en formato vectorial son por regla general clasificados dentro de otros bloques de conocimiento, como es por ejemplo el caso de las operaciones geométricas sobre datos vectoriales. Mediante este método, primero se evaluó cada factor individualmente, una vez realizado esto, se procedió a generar información de tipo raster para conseguir realizar las sumatorias pertinentes y conseguir un raster único, para finalmente crear un shape con la información requerida.

Al final se obtuvieron los siguientes resultados: rangos que oscilan entre los 7 y los 63 puntos, en los que, se clasificó de acuerdo con los menores valores posibles a obtener y los mayores, es decir el valor menor posible de obtener de acuerdo con las ponderaciones de cada atributo son 7, la menor puntuación y 63 la mayor puntuación. Ahora bien, rangos que oscilan entre 7 y 17 señalan una muy mala calidad ambiental, valores entre los 18 y los 29 son considerados de mala calidad ambiental, en tanto que valores que oscilan entre los 30 y los 41 indican una calidad ambiental regular, valores que van de los 42 a los 53 puntos señalan una buena calidad ambiental, mientras que los valores que van de 54 a 63 indican una excelente calidad ambiental. Los posibles valores por obtener se presentan en la siguiente tabla:

Tabla IV. 73. Tabla de ponderación de la calidad ambiental.

RANGO	CALIDAD	SIMBOLOGÍA
7-17	Muy mala	
18-29	Mala	
30-41	Regular	
42-53	Buena	
54-63	Excelente	

Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Tabla IV. 74. Diagnóstico ambiental del SAR.

RANGO	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
07-17	Muy mala	13.36	0.60%
18-29	Mala	3.67	0.16%
30-41	Regular	1,500.99	67.26%
42-53	Buena	11.96	0.54%
54-63	Excelente	701.77	31.44%
TOTAL		2,231.75	100.00%

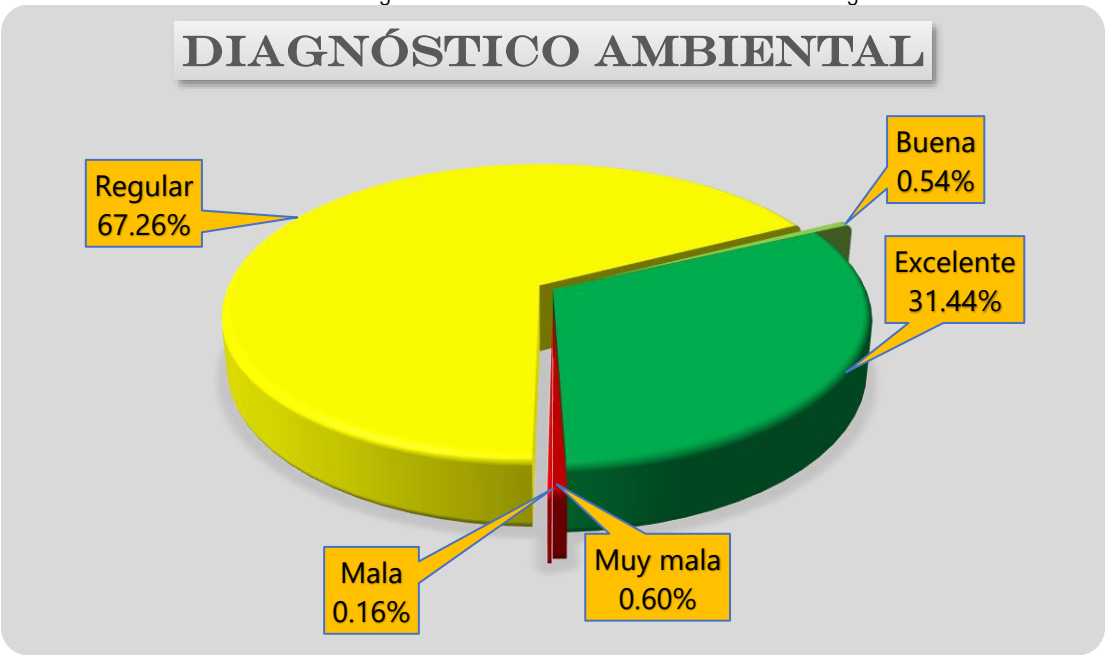
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Tabla IV. 75. Diagnóstico ambiental del AI.

RANGO	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
07-17	Muy mala	4.12	0.93%
18-29	Mala	0.00	0.00%
30-41	Regular	380.27	86.26%
42-53	Buena	2.68	0.61%
54-63	Excelente	53.77	12.20%
TOTAL		440.84	100.00%

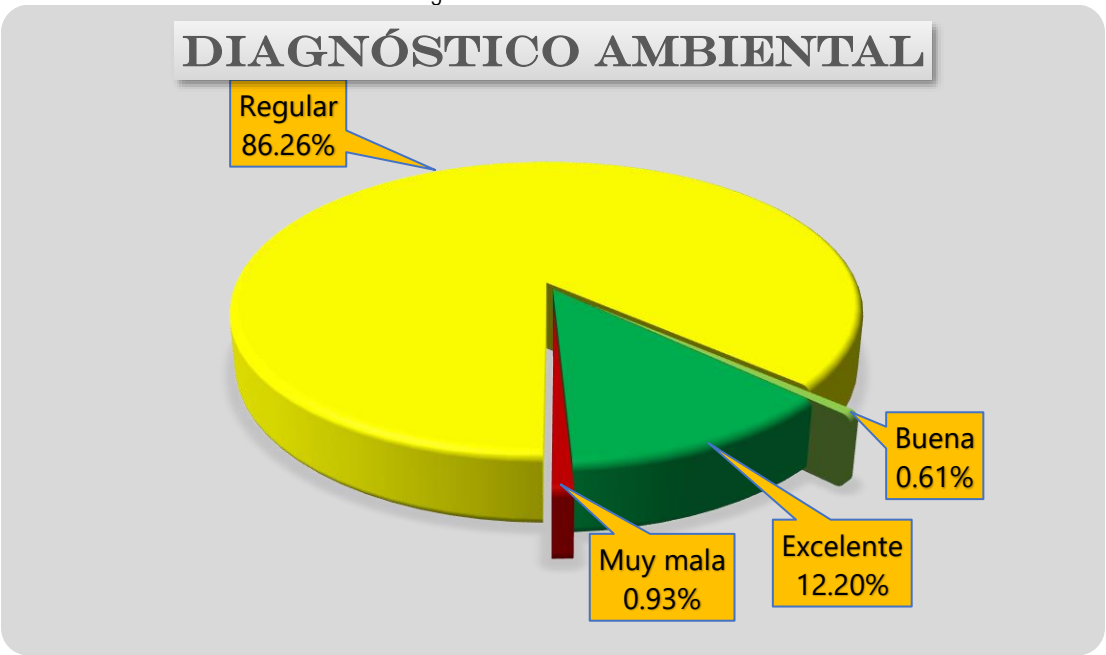
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Gráfica IV. 16. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Gráfica IV. 17. Diagnóstico Ambiental del Área de Influencia.



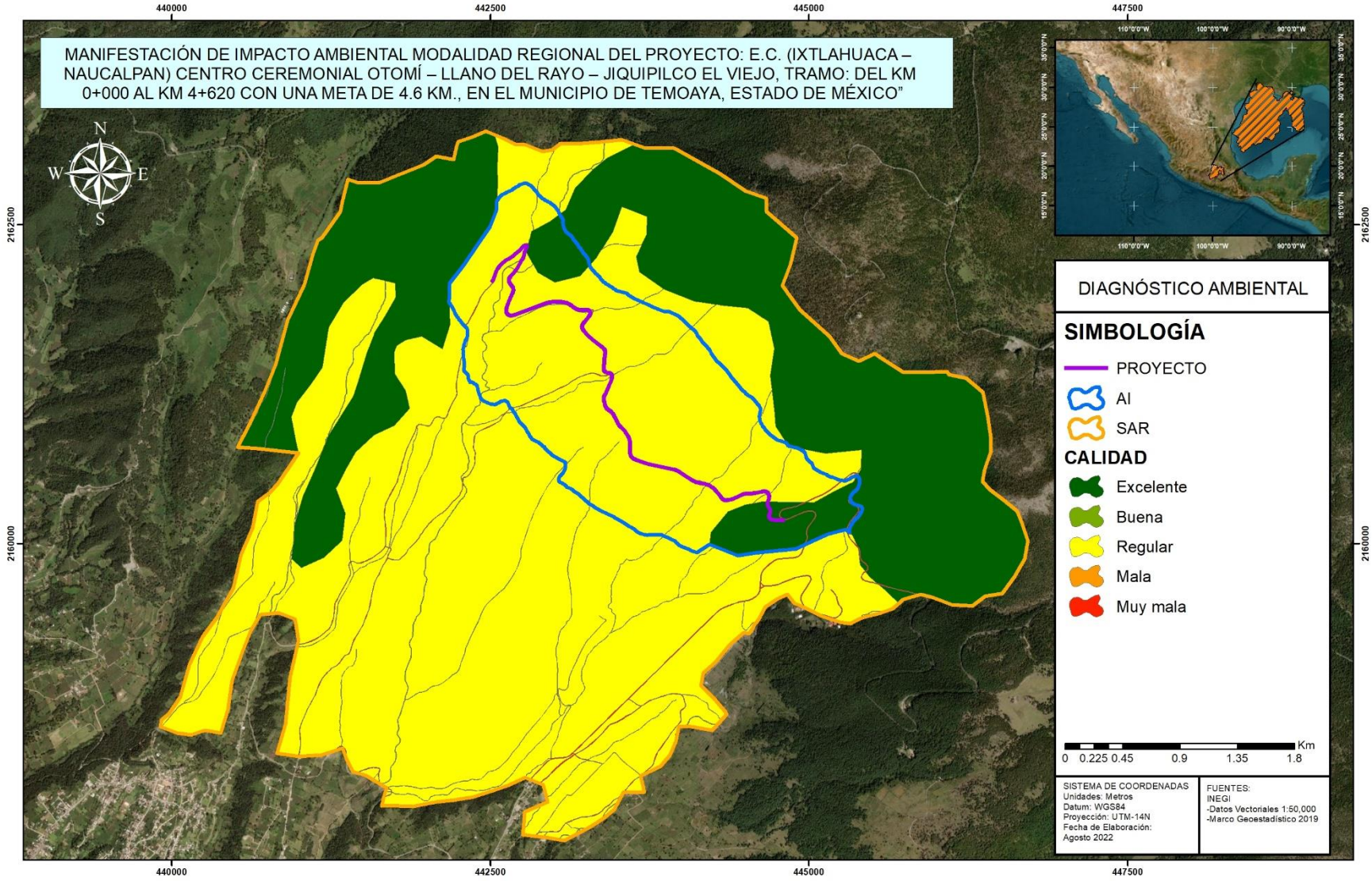
Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

La tabla y la imagen anterior señalan que, en el **Sistema Ambiental Regional** la mayor representatividad la tienen zonas con calidad ambiental designada como **regulares**, esto es, con el **67.26%**, que es equivalente a 1,500.99 hectáreas, dichas zonas son congruentes con las zonas agropecuarias, en orden de importancia le sigue la calidad ambiental registrada como **excelente** con el **31.44%** que equivalen a 701.77 hectáreas, estas zonas coinciden con el bosque de coníferas. La **muy mala calidad** ambiental se presenta en un **0.60%** del SAR que es igual a 13.36 hectáreas, con esta calidad se encuentran las carreteras pavimentadas. La **buena** calidad ambiental representa el **0.54%** que son equivalentes con 11.96 hectáreas, con esta ponderación se presentan los cauces. Finalmente, la calidad ambiental **mala** abarca un total de 3.67 hectáreas que representan el **0.16%**, dichas zonas coinciden con los caminos tipo brecha y/o vereda.

En lo que se refiere al **Área de Influencia** del trazo se presenta la mayor representatividad con **regular calidad** ambiental con un **86.26%** que es igual a 380.27 hectáreas. Mientras en segundo sitio se encuentra la **excelente** calidad ambiental con 53.77 hectáreas que representan el **12.20%** del SAR. En tercer sitio la **muy mala calidad** ambiental ocupa un **0.93%** que son equivalentes a 4.12 hectáreas. La calidad ambiental **buena** abarca 2.68 hectáreas que representan el 0.61%.

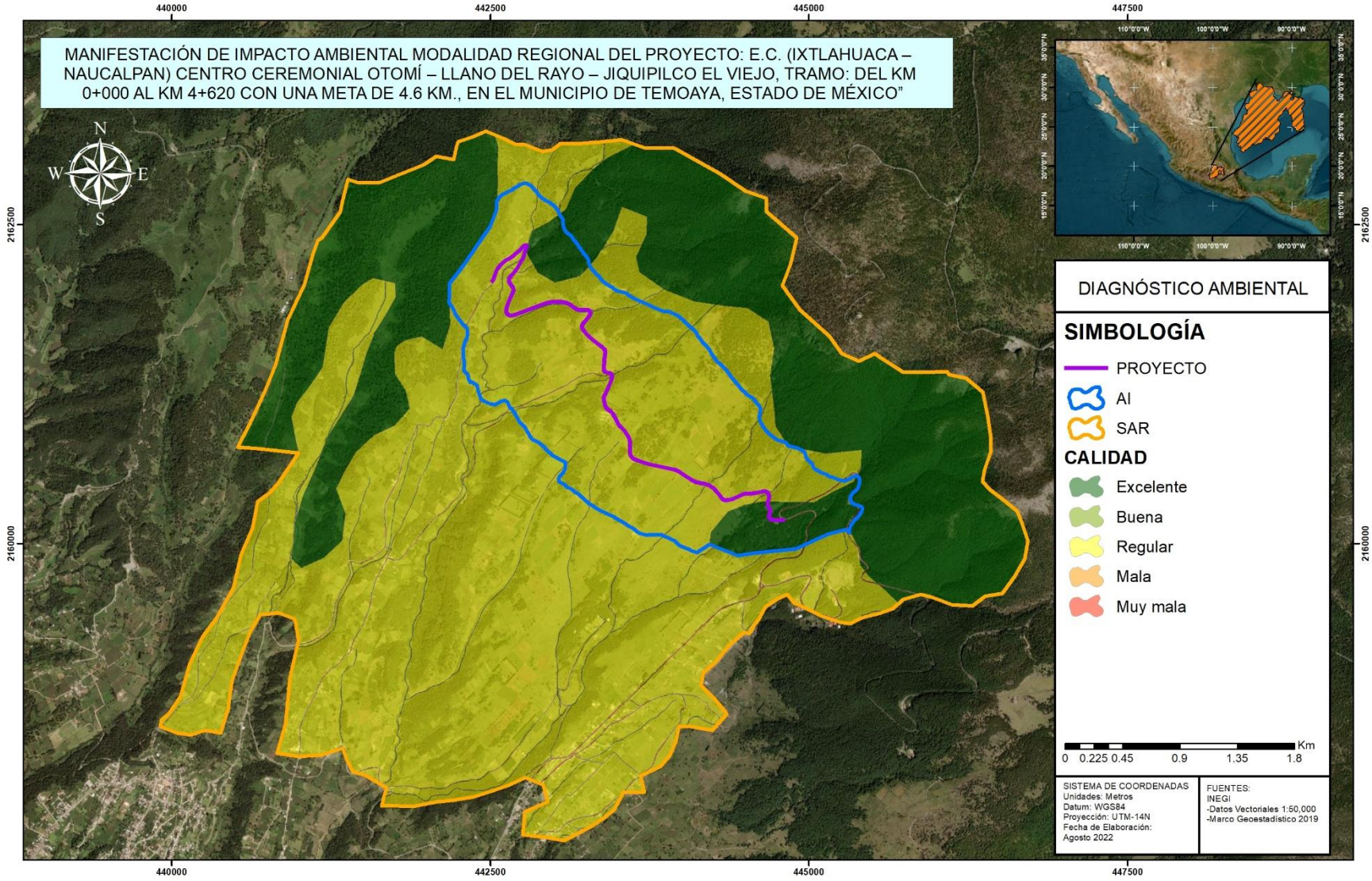
Los datos anteriores señalan que tanto en el SAR como en el AI se presenta un alto impacto ambiental ocasionado principalmente por el cambio de uso de suelo forestal hacia el pastizal inducido con fines pecuarios aunado a la agricultura. En algunas zonas en donde se presenta la vegetación con impactos antropogénicos señalan una gran presión antropogénica, la cual es tanta que impide el desarrollo de la vegetación, es decir no le da oportunidad de recuperarse, provocando con esto, una vegetación inducida. Es importante señalar también que, dentro del Sistema no se presentan zonas vírgenes ni con vegetación primaria, lo cual indica que en toda la delimitación se presentan distintos grados de impacto ambiental que van desde el ligero hasta el extremo, destacando el impacto ligero, ya que prevalecen zonas con bosque de coníferas.

Imagen IV. 67. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Imagen IV. 68. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional al 40% de transparencia.



Fuente: PIMEX INGENIERÍA, 2022

Contenido.

.....1
V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.....4
V.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....4
V.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS.....20
V.2.1. INDICADORES DE IMPACTO.....53
V.3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.....55
V.4. IMPACTOS RESIDUALES.....82
V.5. IMPACTOS ACUMULATIVOS.....84
V.6. CONCLUSIONES.....86

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla V. 1. Lista indicativa de indicadores de impacto.....5
Tabla V. 2. Atributos del suelo y nivel de susceptibilidad en el Sistema Ambiental del proyecto.....6
Tabla V. 3. Indicadores de sensibilidad del suelo en el Sistema Ambiental.....7
Tabla V. 4. Sensibilidad Geológica del área del Sistema Ambiental.....8
Tabla V. 5. Sensibilidad Geomorfológica del Sistema Ambiental.....8
Tabla V. 6. Indicadores de Sensibilidad de la vegetación del Sistema Ambiental Regional del Proyecto.....10
Tabla V. 7. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto.....11
Tabla V. 8. Afectación de suelo con cobertura forestal.....11
Tabla V. 9. Listado de cotejo de la preparación del sitio del proyecto de las principales actividades.....12
Tabla V. 10. Listado de cotejo de la construcción del proyecto.....13
Tabla V. 11. Listado de cotejo de la operación y mantenimiento del proyecto.....14
Tabla V. 12. Principales impactos y factores ambientales afectados del proyecto.....15
Tabla V. 13. Listados de Actividades del proyecto.....20
Tabla V. 14. Lista indicativa de indicadores de impacto.....21
Tabla V. 15. Componentes y factores del entorno.....26
Tabla V. 16. Factores susceptibles de afectación y su instrumento legal de regulación del proyecto.....26
Tabla V. 17. Posibles Interacciones entre las Actividades y Atributos Ambientales del proyecto.....28
Tabla V. 18. Categorías de los impactos identificados en la matriz de ponderación.....28
Tabla V. 19. Interacciones identificadas.....28
Tabla V. 20. Interacciones identificadas y Porcentaje.....29
Tabla V. 21. Matriz de Interacción.....30
Tabla V. 22. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015).....31
Tabla V. 23. Cálculo de las medidas de fragmentación del hábitat antes del proyecto.....38
Tabla V. 24. Cálculo de las medidas de fragmentación del paisaje una vez ingresado el trazo del proyecto.....47
Tabla V. 25. Comparación de las medidas de fragmentación del SAR antes del trazo del proyecto y una vez ingresado el mismo.....50
Tabla V. 26. Comparación de las medidas de fragmentación antes del trazo del proyecto y una vez ingresado el mismo.....51
Tabla V. 27. Índices Cuantitativos para el seguimiento de los impactos ambientales.....54
Tabla V. 28. Identificación y descripción de los elementos ambientales que pueden resultar afectados por el proyecto.....54
Tabla V. 29. Cuantificación y seguimiento de los indicadores de Impacto ambiental.....55
Tabla V. 30. Lista indicativa de criterios utilizados.....56
Tabla V. 31. Lista indicativa de criterios utilizados.....56

Tabla V. 32. Evaluación de los impactos ambientales. 57
Tabla V. 33. Evaluación de los impactos ambientales. 65
Tabla V. 34. Impactos significativos derivados del proyecto. 66
Tabla V. 35. Índice de Impactabilidad 67
Tabla V. 36. Listado de actividades de acuerdo con su índice de impactabilidad. 67
Tabla V. 37. Listado de actividades de acuerdo con su índice de impactabilidad. 67
Tabla V. 38. Atributos ambientales con Impactos Ambientales Positivos. 68
Tabla V. 39. Impactos ambientales Negativos. 68
Tabla V. 40. Interacciones identificadas y Porcentaje. 69
Tabla V. 41. Intervalos de los Impactos Negativos y Positivos generados por las actividades del proyecto. 70
Tabla V. 42. Impactos ambientales negativos relevantes del proyecto. 70
Tabla V. 43. Impactos ambientales negativos relevantes del proyecto. 71
Tabla V. 44. Impactos ambientales relevantes positivos del proyecto. 72
Tabla V. 45. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015). 74
Tabla V. 46. Unidades del paisaje presentes en el SAR. 75
Tabla V. 47 Análisis regional a escala 1:10,000. 75
Tabla V. 48. Afectación Total a las unidades de paisaje. 78
Tabla V. 49. Ponderación regional a escala 1:10,000 una vez ingresado el proyecto. 78
Tabla V. 50. Diferencia de coeficientes de impacto (pérdida de superficie equivalente. 78
Tabla V. 51. Impactos identificados como acumulativos. 85

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen V. 1. Paisaje existente sin usos de suelo y vegetación antes del ingreso del trazo del proyecto 32
Imagen V. 2. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación antes del ingreso del proyecto. 33
Imagen V. 3. Hábitat prevaleciente Sin Proyecto. 34
Imagen V. 4. Fragmentación existente en el Sistema Ambiental Local antes del proyecto. 36
Imagen V. 5. Conectividad existente antes de ingresar el proyecto. 39
Imagen V. 6. Fragmento con el mayor valor de tamaño efectivo de la malla (mesh) antes de ingresar el proyecto. 40
Imagen V. 7. Condiciones actuales del Sistema Ambiental Local. 42
Imagen V. 8. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación una vez ingresado el trazo del proyecto. 43
Imagen V. 9. Hábitat prevaleciente con el trazo del proyecto. 44
Imagen V. 10. Fragmentación obtenida una vez ingresado el proyecto. 46
Imagen V. 11. Conectividad obtenida una vez ingresado el proyecto. 48
Imagen V. 12. Fragmento con mayor valor de tamaño efectivo de la malla una vez ingresado el proyecto. 49
Imagen V. 13. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación antes del ingreso del proyecto. 51
Imagen V. 14. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen en Google Maps. 76
Imagen V. 15. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen satelital. 77
Imagen V. 16. Imagen satelital de la Modernización de camino. 79
Imagen V. 17. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen Google Maps. 80
Imagen V. 18. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen satelital. 81
Imagen V. 19. Diagrama de flujo donde se representan las interacciones entre subsistemas. 83
Imagen V. 20. Impactos acumulados. 85

ÍNDICE DE GRAFICAS.

GRÁFICA V. 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS IMPACTOS POR ETAPA. 29
GRÁFICA V. 2. ATRIBUTOS AMBIENTALES CON IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS. 68
GRÁFICA V. 3. IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS. 69
GRÁFICA V. 4. ACTIVIDADES QUE ALCANZAN A PRODUCIR EL 100% DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS NEGATIVOS DEL PROYECTO. 71
GRÁFICA V. 5. ACTIVIDADES QUE ALCANZAN A PRODUCIR EL 100% DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS POSITIVOS DEL PROYECTO. 73

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.

FOTOGRAFÍA V. 1. FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO. 35
FOTOGRAFÍA V. 2. VISTA DE LA CARRETERA DE TERRACERÍA EXISTENTE. 52
FOTOGRAFÍA V. 3. OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES. 53

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

Con la información de los capítulos anteriores, que fundamentan el desarrollo del presente capítulo, se identificaran, describirán y evaluaran los impactos ambientales generados dentro del Sistema Ambiental Regional, por el proyecto en cada una de sus etapas, así como en el área específica de actividades. Para llevar a cabo la identificación y evaluación de los impactos se consideraron los criterios empleados para la definición del Sistema Ambiental Regional, el análisis de la información obtenida sobre regulaciones, ordenamientos de uso del suelo, además de la caracterización y diagnóstico ambiental.

V.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.

La evaluación de los impactos ambientales depende de una adecuada identificación de los cambios potenciales al ambiente, por lo que es necesario conocer los objetivos, así como las obras y actividades que se realizarán en las diferentes etapas del proyecto. Esta identificación representa una actividad crítica en el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA), ya que es necesario conocer las actividades que causan impactos con el fin de describir adecuadamente los factores/componentes y atributos ambientales afectados, asimismo considerar el tiempo, magnitud e importancia, evitando con ello cualquier daño permanente al ambiente o el posible incremento de los procesos ambientales negativos y degenerativos, y con ello diseñar las medidas de mitigación o atenuación correspondientes a cada impacto significativo. Derivado de lo anterior en este Capítulo se describirán y evaluarán los impactos ambientales generados por el desarrollo del proyecto, incluyendo los impactos acumulativos y sinérgicos potenciales, para este objetivo será incorporada la información referente a los componentes ambientales del Sistema Ambiental Regional delimitado en el Capítulo IV del presente trabajo. La componente espacial del área del proyecto y su integración en el Sistema Ambiental Regional se considera como el 100% del espacio territorial que posee la expresión ecosistémica y socioeconómica, que presenta cada lugar para el desarrollo de las diferentes actividades del proyecto y es capaz de identificar su poder de resiliencia al aprovechamiento de recursos naturales, localización de infraestructura, equipamientos, diversas formas de asentamientos humanos, etc. Su análisis y evaluación del impacto ambiental, encierra una gran complejidad que plantea la necesidad de identificar integralmente los factores ambientales, atributos e indicadores susceptibles de alteración. Para identificar los posibles impactos ambientales en la integración de la corrección de la curva, es necesario establecer indicadores que señalen dichos impactos ambientales. El número de indicadores ambientales es variable, por lo que están acotados a la cantidad de actividades que se realicen en el proyecto, y las unidades de ponderación expresan valores combinados o información modificada, de modo que se tiene una evaluación multivectorial y multifactorial. Los indicadores propuestos se utilizarán para determinar el efecto de las actividades del proyecto que provocarán sobre los atributos del ambiente y son definidos como "la expresión medible de un impacto ambiental" con y sin proyecto, por lo que son variables simples que representan una alteración sobre un factor ambiental, así un indicador es capaz de caracterizar numéricamente, en un momento dado, el estado del factor que se pretende valorar. De esta forma, los indicadores cumplen con los siguientes requisitos:

- **Representatividad:** Se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto integral y global de la obra.
- **Relevancia:** La información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- **Excluyente:** No existe una superposición entre los distintos indicadores.
- **Cuantificable:** Medible, siempre que sea posible en términos cuantitativos.
- **Fácil identificación:** Definido conceptualmente de modo claro y conciso.

LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO.

La relación de indicadores, desglosada según los distintos componentes del ambiente y que se ofrece a continuación, será útil para las distintas fases del proyecto, posteriormente se determinarán los indicadores particulares para el proyecto que se refiere a las actividades que se requieren para su desarrollo. Antes de identificar los efectos al ambiente ocasionados por las actividades del proyecto, es necesario identificar los elementos naturales y sociales del SAR que serán afectados, los cuales están basados en un inventario de factores ambientales, descritos más adelante. A continuación, se presentan los principales factores ambientales y socioeconómicos sobre los que recaerán los impactos positivos y negativos con algún indicio de un potencial desequilibrio ecológico o sobre el factor socioeconómico durante el desarrollo del proyecto.

Tabla V. 1. Lista indicativa de indicadores de impacto.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS
Físicos	Clima	Velocidad del viento
		Insolación
	Geomorfología	Denudación
		Movimientos de materiales
		Relieve
	Geología	Material (tipo de roca)
		Afloramientos rocosos
		Inestabilidad
	Suelo	Unidad de suelo (tipo)
		Erodabilidad
		Profundidad
		Pedregosidad
	Aire	Composición gaseosa
		Aero partículas minerales
		Acústica
	Hidrología Subterránea	Composición del acuífero
		Recarga hidrológica
	Hidrología Superficial	Dinámica hidrológica
		Calidad del agua
		Avenidas
Biótico	Vegetación	Diversidad
		Abundancia
	Fauna	Diversidad
		Abundancia
	Hábitat	Sucesión ecológica
		Comunidades vegetales
		Composición
		Sensibilidad
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual
		Fragilidad
		Estatus ecológico
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra
		Uso potencial
		Uso actual
	Elementos Urbanos	Vialidad y transporte
		Asentamientos humanos
		Migración interregional
	Salud y Seguridad social	Seguridad en el trabajo
		Calidad de vida
	Económicos	Generación de empleo
		Medios de comunicación
		Consumo de bienes y servicios
		Actividades Antropogénicas

El escenario ambiental del Proyecto se realizó a partir de la recopilación y análisis de información ambiental en la zona considerando principalmente los elementos bióticos y abióticos con características homogéneas y que pudieran llegar a tener relación con el proyecto, los cuales sirvieron como indicadores ambientales o criterios para la delimitación del Sistema Ambiental Regional. A partir de la consideración de la geomorfología, los suelos, hidrología y los elementos bióticos como la vegetación y fauna, se obtuvieron zonas de sensibilidad y elementos relacionados. De acuerdo con la investigación realizada, tanto bibliográfica como de trabajo de campo, en el Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia se pueden ubicar las siguientes:

EDAFOLOGÍA.

Tabla V. 2. Atributos del suelo y nivel de susceptibilidad en el Sistema Ambiental del proyecto.

UNIDAD DE SUELO (WRB-SR-FAO, 2006)	ESTABILIDAD DE AGREGADOS			CONSISTENCIA			PROFUNDIDAD EFECTIVA			TEXTURA		
	Alta	Media	Baja	Masiva	Friable	Firme	Menor 50 Cm	100 Cm	Más de 150 Cm	Fina	Media	Gruesa
Andosol			X		X		X				X	

UNIDAD DE SUELO (WRB-SR-FAO, 2006)	PERMEABILIDAD É INFILTRACIÓN			DRENAJE			PH		
	Alta	Media	Baja	Excesivo	Media	Deficiente	Ácido	Neutro	Base
Andosol			X			X			X

Fuente: PIMEX, 2022.

Dentro de la sensibilidad del elemento suelo, se tienen principalmente a los suelos andosoles de textura media con una baja vulnerabilidad a la erosión y por consiguiente una mayor protección, aunque dentro del SAR se presenta erosión hídrica laminar moderada en algunas zonas:

- Los Andosoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo. Los Andosoles ocurren en regiones volcánicas en todo el mundo. Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Los Andosoles generalmente son suelos, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Aluminio y hierro libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada. Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los Andosoles fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Los Andosoles se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, batata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas. Los Andosoles en pendientes pronunciadas tal vez se mantienen mejor bajo bosque. El arroz inundado es el uso de la tierra principal de los Andosoles en tierras bajas con agua freática somera. Húmico (hu): que tiene el siguiente contenido de carbono orgánico en la fracción tierra fina como promedio ponderado.

Tabla V. 3. Indicadores de sensibilidad del suelo en el Sistema Ambiental.

UNIDAD DE SUELO (WRB-FAO, 2006)	EROSIONABILIDAD	RIESGOS DE INUNDACIÓN	CONTAMINACIÓN PROFUNDA	SENSIBILIDAD TOTAL
Andosol	2	2	2	6

Fuente: PIMEX, 2022.

En lo que se refiere al Área de Influencia del trazo del proyecto, se presenta caso similar al SAR con un dominio de los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda cubren un total de 259.00 hectáreas que equivalen al 58.75% del SAR, estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), que permitieron el desarrollo de la vegetación de bosque de coníferas que, actualmente presentan un alto cambio de uso de suelo a causa de la introducción de zonas agropecuarias. En segundo lugar, los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media con 181.84 hectáreas que son equivalentes al 41.25% del SAR; estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), factores abióticos sobre los que se presentan únicamente zonas agropecuarias. En lo que se refiere al Área de Influencia del trazo del proyecto, se presenta caso similar al SAR con un dominio de los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda cubren un total de 259.00 hectáreas que equivalen al 58.75% del SAR, estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), que permitieron el desarrollo de la vegetación de bosque de coníferas que, actualmente presentan un alto cambio de uso de suelo a causa de la introducción de zonas agropecuarias. En segundo lugar, los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media con 181.84 hectáreas que son equivalentes al 41.25% del SAR; estos suelos se desarrollaron sobre lomeríos y sierras del Eje Neovolcánico, en un clima semifrío subhúmedo Cb'(w2), factores abióticos sobre los que se presentan únicamente zonas agropecuarias. En lo que se refiere al trazo del proyecto se presentan una alternancia entre los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda y los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media.

GEOLOGÍA.

Temoaya, así como el Estado de México en general se localiza dentro de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico o también llamado Cinturón Volcánico Transmexicano. Existen variados nombres y clasificaciones de esta zona, pero todas ellas concuerdan en que su origen es debido a eventos volcánicos. La génesis del municipio de Temoaya no es la excepción, sus edades van desde el terciario al cuaternario; las rocas que predominan en este municipio son rocas Ígneas extrusivas, piro-clásticas a las cuales geológicamente se les clasifica como Tobas (T), en ellas se sitúan gran número de comunidades, se ubican predominantemente en la parte norte; otro gran afloramiento de rocas son las Andesitas (A), una de las características más significativa de este tipo de rocas, además de su dureza, es su coloración grisácea. En esta zona es donde se observa un mayor número de fracturas, las cuales en su mayoría manifiestan una orientación al noroeste. La cabecera municipal se encuentra asentada sobre Areniscas del Terciario (ar-T), esta roca no es de gran compactación, presenta características favorables para los asentamientos urbanos de dimensiones regulares. En las partes bajas encontramos suelos aluviales (al), los cuales coinciden con las zonas en riesgo de inundación, en comunidades como Buenavista el Grande, Ejido de la "y", San José Pathe, San Antonio del Puente, Ejido de Dolores, por otro lado, encontramos también afloramientos de Conglomerados y Brechas Volcánicas (cg) en la parte norte. Geológicamente, en el Sistema Ambiental Regional se presentan 2 clases de rocas con un completo predominio de las rocas ígneas extrusivas básicas del Cenozoico con 2,231.24hectáreas que equivalen al 99.98%. Finalmente, las rocas ígneas extrusivas de tipo volcanoclástico del Cenozoico cubren el 0.02% restante, es decir 0.51 hectáreas. En lo que se refiere al Área de Influencia del trazo del proyecto se presenta únicamente una clase de rocas, esto es, las rocas ígneas extrusivas básicas del Cenozoico que prevalecen en el Sistema Ambiental Regional. La Riolita es el componente exclusivo de grano fino, del magma

granítico que escapó de la superficie a través de una erupción volcánica y presenta algunas características similares a un granito. La roca líquida pudo haber emergido formando una masa de Riolita que se enfrió y solidificó. Muestra un bandeamiento formado por el flujo viscoso de la lava durante la destrucción. Los megacristales de cuarzo o feldespatos le dan a las Riolitas diferencias de carácter y comportamiento.

Tabla V. 4. Sensibilidad Geológica del área del Sistema Ambiental.

LITOLOGÍA	ESTABILIDAD GEOLÓGICA		INTEMPERISMO		ESTABILIDAD TECTÓNICA		SENSIBILIDAD
	DESLIZAMIENTOS	DERRUMBES	ANTROPOLÓGICO	NATURAL	FALLAS	FRACTURAS	TOTAL
Riolita	1	1	2	1	1	1	7

Fuente: PIMEX, 2022.

GEOMORFOLOGÍA.

El Sistema Ambiental Regional, junto con el Área de Influencia del trazo del proyecto pertenece al Eje Neovolcánico. La Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico. Conocido también como Sierra Volcánica Transversal; junto con la Sierra Madre del Sur es una de las provincias con mayor variación de relieve y de tipos de rocas. Se extiende desde el Océano Pacifico hasta el Golfo de México, constituyendo una ancha faja de 130 km. Inicia en la Costa Occidental en la desembocadura del río Grande Santiago a la Bahía de Banderas, continua hacia el sureste hasta encontrar el volcán de Colima para después continuar aproximadamente sobre el paralelo 19º N, hasta llegar al pico de Orizaba y al Cofre de Perote, alcanzando 880 km. de longitud. Esta cordillera es la más alta del país, puesto que algunas cimas se encuentran coronadas de nieve permanentemente. Limita a la Sierra Madre, Oriental y Occidental y del Sur. Esta importante estructura determina el límite físico entre el Norte del continente y Centroamérica, así como el límite Altimétrico, orográfico y climatológico. Asimismo, el SAR junto con el Área de Influencia se asienta sobre la Subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. La subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, en cuyo territorio se ubican la capital de la república y cinco capitales estatales (Toluca de Lerdo, Tlaxcala de Xicoténcatl, Pachuca de Soto, Heroica Puebla de Zaragoza y Cuernavaca), está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. En ella se localizan algunos de los volcanes más elevados del país, como el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca (Xinantécatl) y La Malinche (Matlalcuéyetl), entre otros. Los vasos de antiguos lagos se encuentran distribuidos entre las sierras y demás aparatos volcánicos, de manera que los mayores quedan ubicados en la cuenca de México (conjunto lacustre Texcoco- Chalco-Zumpango-Xochimilco). Es la que abarca mayor extensión en el estado, 58.59% de la superficie total. Colinda al norte con la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo; al oriente se extiende hacia los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla; al sur se interna en el Distrito Federal y el estado de Morelos y limita con la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses; al suroeste colinda con la subprovincia Depresión del Balsas y al oeste con la de Mil Cumbres.

Finalmente, el SAR presenta dos tipos de topoformas, es decir se presentan sierras en gran parte de su delimitación, mientras en el extremo suroeste se presentan lomeríos de tobas.

Tabla V. 5. Sensibilidad Geomorfológica del Sistema Ambiental.

GEOFORMA	PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS		
	DENUDACIÓN	ACUMULACIÓN	DERRUMBES
Lomerío	1	1	2
Sierra	1	1	2

GEOFORMA	INTEMPERISMO		EROSIÓN		SENSIBILIDAD TOTAL
	ANTROPOLÓGICO	NATURAL	ANTROPOLÓGICA	NATURAL	
Lomerío	1	2	2	1	10
Sierra	1	1	1	1	8

Fuente: PIMEX, 2022.

HIDROLOGÍA.

El Área de Influencia del trazo del proyecto pertenecen a la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago, a la Cuenca R. Lerma-Toluca y a la Subcuenca Toluca. Además, dentro del SAR se presentan las siguientes corrientes de agua de importancia: Arroyo Campanario (cauce intermitente), Arroyo Nepeni (cauce intermitente), Arroyo Tres Hojuelos (cauce permanente), Río Agua Blanca y Río Los Ajolotes, ambos cauces permanentes, que algunos de ellos sirven de delimitación del SAR. La RH-12 Lerma-Santiago se ubica al centro y occidente de la República Mexicana, colinda al norte con la RH-11 y la RH-36, al este con la RH-37 y la RH-26, al sur con la RH-18 y la RH-16, y al oeste con la RH-14 y la RH-13. Es drenada por una serie de corrientes perennes y subcolectores intermitentes que presentan un patrón de drenaje dendrítico, y en algunos aparatos volcánicos la red hídrica es radial; su dirección de escurrimiento es de sureste a noroeste. El río Lerma constituye uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país, recorre un total de 1 180 km desde su origen en una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, sin incluir el paso por las aguas del lago de Chapala. De esta extensión, 60% corresponde al río Lerma y 40% al río Santiago. Dentro del estado de México se ubica parte de la cuenca (A), Río Lerma-Toluca. La cuenca Río Lerma-Toluca se localiza al centro-noroeste de la entidad, abarcando 23.90% de la superficie estatal. Colinda al norte y al este con la cuenca (D) de la RH-26, al sur con la cuenca (F) de la RH-18, y al oeste con la cuenca (G) de la RH-18. En el estado la integran las subcuencas: a, R. Almoloya-Otzolotepec; b, R. Otzolotepec-Atlacomulco; c, Atlacomuleo-Paso de Ovejas; f, A. Cauchi; g, R. Tlalpujahua; h, R. Jaltepec; i, R. Gavia; j, R. Tejalpa; k, R. Verdiguel; I, R. Otzolotepec y m, R. Sila. El río Lerma representa una de las corrientes superficiales más importantes de esta cuenca; puede decirse que tiene su origen en los manantiales que alimentaban una laguna ubicada en el municipio de Almoloya del Río; esta laguna fue una de las más altas de un conjunto de tres, que en escalones sucesivos, descendían hacia el norte para encausar sus aguas al río Lerma; las otras dos lagunas eran la de Lerma y la de San Bartolo, constituyendo las tres, una zona lacustre en avanzado proceso de senectud natural. Los afluentes del río Lerma son: por la margen derecha el arroyo Sila-San Bartolo, río Temoaya y arroyo Muerto-Ocoyoacac, y por la margen izquierda el río San Pablo, río Verdiguel, arroyo Agua Bendita y arroyo Las Cruces. El drenaje es de tipo dendrítico subparalelo, conformado por corrientes de tipo intermitente y perenne; durante el período de lluvias algunas actúan como colectores y otras se convierten en vertederos como el río Verdiguel, donde desaguan desechos domésticos e industriales. El cauce del río Lerma se interrumpe por la presa José Antonio Alzate, marcando el límite entre el curso alto y medio de la cuenca.

VEGETACIÓN.

A continuación, se realiza una descripción de los tipos de uso de suelo y vegetación con el que cuenta el área del proyecto y el Sistema Ambiental Regional, apoyados de la guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación del INEGI Serie VII.

- ✓ **Bosque de Oyamel.** Se presenta en forma de manchones aislados, muchas veces restringido a laderas o a cañadas, protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa. La mayor extensión se presenta en las serranías del Eje Neovolcánico, en la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental en donde se conocen dos áreas de importancia en el Cerro del Potosí y Cerro de San Antonio Peña Nevada en Nuevo León y Tamaulipas, y en la Sierra de Juárez en Baja California. Se desarrolla en climas templados y semifríos, húmedos, entre los 2 000 y los 3 600m de altitud, con una temperatura media anual que oscila entre 6 y 18°C, una precipitación que varía de 600 a 3 000mm, con una pendiente por arriba del 40%, y en exposición preferentemente norte, noreste y noroeste. El sustrato predominante es de rocas ígneas como andesitas y basalto, y los suelos son adosoles, leptosoles, cambisoles y acrisoles. Las alturas de sus árboles a veces sobrepasan los 30 metros. Lo constituyen árboles perennifolios con un periodo de floración de febrero a mayo y de fructificación de noviembre a enero. Las masas arboladas pueden estar conformadas por elementos de la misma especie o mixtos, acompañados por diferentes especies de coníferas y latifoliadas. Las especies que los constituyen son

principalmente del género *Abies* como: oyamel (*Abies religiosa)*, pinabete (*Pseudotsuga* sp.), abeto (*A. durangensis*) y *Abies* spp., además de pino u ocote (*Pinus* spp.), encino o roble (*Quercus* spp.) y aile (*Alnus jorullensis*). Algunos bosques son densos, sobre todo en condiciones libres de disturbio.

- ✓ Bosque de Pino-Encino. Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en climas templados, semifríos, semicálidos y cálidos húmedos y subhúmedos con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 28°C y una precipitación que va de los 600 a los 2 500mm anuales. Se concentran entre los 1 200 y los 3 200m, y se presentan en todas las exposiciones. Se establecen en sustrato ígneo y en menor proporción, sedimentario y metamórfico, sobre suelos tanto someros como profundos y rocosos principalmente cambisoles, leptosoles, luvisoles, regosoles, entre otros. Alcanzan alturas de 8 a 35m. Las comunidades están conformadas por diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.), pero con dominancia de las primeras. Lo integran árboles perennifolios y caducifolios, con floración y fructificación variables durante todo el año. Algunas de las especies más comunes son pino chino (*Pinus leiophylla*), pino *(P. hartwegii*), ocote blanco (*P. montezumae*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino escobetón (P. devoniana), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. durangensis, P. leiophylla var. chihuahuana, P. engelmannii, P. lawsonii, P. pseudostrobus var. apulcensis,* encino laurelillo *(Quercus laurina),* encino *(Q. magnoliifolia),* encino blanco *(Q. candicans),* roble *(Q. crassifolia),* encino quebracho *(Q. rugosa),* encino tesmolillo *(Q. crassipes),* encino cucharo *(Q. urbanii),* charrasquillo *(Q. microphylla),* encino colorado *(Q. castanea),* encino prieto *(Q. laeta),* laurelillo *(Q. mexicana), Q. glaucoides,* y *Q. scytophylla,* entre otras muchas especies de encinos.

Tabla V. 6. Indicadores de Sensibilidad de la vegetación del Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL= 9699.42 HECTÁREAS			
CVE_UNION	**DESCRIPCIÓN**	**AREA_HA**	**SENSIBILIDAD**
BA	Bosque de Oyamel	462.73	Alta
BPQ	Bosque de Pino-Encino	240.87	Alta
PI	Pastizal Inducido	819.69	Baja
TA	Agricultura de Temporal Anual	708.46	Baja
	TOTAL	**2231.75**	

Fuente: PIMEX, 2022.

De la superficie total del SAR (2231.75 ha), solo se ocuparán para el proyecto 4.36 ha, que representan el 0.19 % de toda la superficie del SAR, es decir que el 99.81 % del SAR no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto, en lo que concierne al AI de su área total (440.84 ha) dicha ocupación del proyecto representa el 0.98 %, es decir que el 99.02% del AI no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto destacando que la movilidad de la sociedad y la economía es la que incluirá en ese espacio territorial. Se tiene que el área total ocupada por el proyecto será de 4.36 ha, de las cuales 2.08 ha pertenecen al Camino existente y 2.28 ha corresponden a la superficie a afectar por el trazo del proyecto, de los cuales el Uso de Suelo y Vegetación de Pastizal Inducido ocupa un área de 95.06 % y el Bosque de Oyamel con 4.94 % de dicha área.

Tabla V. 7. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto.

TIPO DE VEGETACIÓN DEL SAR A SER AFECTADA POR EL PROYECTO	SUPERFICIE EN EL SAR (HA)	SUPERFICIE EN EL AI (HA)	SUP. OCUPADA POR EL TRAZO (HA)	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL SAR	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL AI
Camino Existente	-	-	2.08	0.093	0.471
Bosque de Oyamel	462.73	54.76	0.11	0.004	0.024
Bosque de Pino-Encino	240.87	-	-	-	-
Pastizal Inducido	819.69	386.08	2.17	0.097	0.492
Agricultura de Temporal Anual	708.46	-	-	-	-
Total	**2231.75**	**440.84**	**4.36**	**0.19**	**0.98**

Fuente: PIMEX, 2022.

Cabe puntualizar que, debido a la apertura del proyecto, no será necesario solicitar autorización en materia de cambio de uso de suelo ya que se afectaran únicamente 0.11 hectáreas, de vegetación de bosque de oyamel, pero es importante mencionar que la fragmentación de la vegetación de bosque de oyamel es evidente a nivel macro de la zona de estudio y se tiene remoción de individuos aislados donde el proyuecto así lo requiera de modo tal que los polígonos afectados no se pueden considerar como suelo forestal, considerando que la fragmentación se realizara únicamente en los márgenes de un camino a nivel de terracería.

Tabla V. 8. Afectación de suelo con cobertura forestal.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE %
BA	Bosque de Oyamel	0.11	100
	Total	**0.11**	**100.00**

Fuente: PIMEX, 2022.

IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE CAMBIO, PERTURBACIONES Y EFECTOS.

Las fuentes de cambio provocadas de la obra y que afectan al SAR se muestran en la lista de cotejo correspondiente a las actividades del proyecto del camino. Las perturbaciones de estas fuentes de cambio se analizan en las matrices de identificación, así como los procesos a través de los cuales ocurren las modificaciones del SAR, a partir de las acciones del proyecto, con la secuencia de impactos analizados en la red de eventos. Las etapas y actividades del Listado de Chequeo se presentan a continuación:

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO. Esta etapa tiene como finalidad iniciar las actividades de preparación del terreno, con la finalidad de realizar el análisis respectivo del factor ambiental sobre el cual inciden sus efectos y los impactos ambientales producidos.

1. Trazo y delimitación del derecho de vía.
2. Indemnización a propietarios
3. Desmonte de la vegetación.
4. Despalme del suelo.
5. Cortes.
6. Nivelación y rellenos.
7. Excavación.
8. Compactación.
9. Manejo y disposición de residuos de obra.
10. Instalación de infraestructura de apoyo provisional.
11. Preparación del cruce de caminos y vialidades.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. En esta etapa se tiene como finalidad integrar el proyecto, sobre el terreno previamente preparado para soportar dicha infraestructura, realizándose esta actividad únicamente en una área delimitada y definida, este proyecto tendrá como objetivo la modernización de un camino actual. Las actividades para esta etapa del proyecto se indican en la siguiente relación, y posteriormente se hace el análisis respectivo del factor en el cual inciden sus efectos y los impactos ambientales producidos.

12. Obras de drenaje y subdrenaje.
13. Construcción de Terraplenes.
14. Acarreos de material.
18. Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)
19. Obras complementarias.

15. Plantas de asfalto, concreto, trituradoras.
16. Talleres y patios de servicio.
17. Colocación de carpeta asfáltica.
20. Manejo y disposición de residuos.
21. Señalamientos.
22. Servicios adicionales al usuario.
23. Áreas verdes.
24. Desmantelamiento de la infraestructura de apoyo.

ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. La principal actividad del proyecto es un uso de vías de comunicación, las actividades de mantenimiento resaltan la revisión y valoración, de manera periódica, de las condiciones de la corrección de la curva, para conservar y alargar la vida útil del proyecto. A continuación, se enlistas las actividades previstas de ambas etapas del proyecto:

25. Tránsito vehicular.
26. Bacheo, pintura y señalización.
27. Limpieza de vegetación ruderal y residuos.
28. Sistema de Prevención de Accidentes.
29. Áreas verdes.

Con esta primera aproximación de las modificaciones potenciales a los elementos del Sistema Ambiental Regional, se pueden establecer los impactos primarios, secundarios y terciarios más relevantes, así como la temporalidad y espacialidad del efecto. En ese sentido se presentan el siguiente cuadro con los principales efectos negativos, así como los principales componentes ambientales afectados.

Tabla V. 9. Listado de cotejo de la preparación del sitio del proyecto de las principales actividades.

ACTIVIDAD.	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS.	IMPACTO.
Trazo de trayectoria y delimitación del DDV.	Vegetación.	Afectación a la vegetación de manera puntal y disperso.
	Uso de Suelo.	Cambio del uso de suelo de actividades agropecuarias que será modificada para ser dedicadas únicamente al uso de una vía de comunicación que favorecer la comunicación y transporte terrestre.
Desmonte.	Vegetación.	Eliminación a lo largo del trazo de la vegetación presente.
	Hábitat.	Afectación longitudinal y fragmentación del hábitat de fauna silvestre.
	Fauna.	Perturbación y desplazamiento de la escasa fauna silvestre principalmente aves.
	Paisaje.	Modificación del paisaje en sitios específicos ya que en su gran mayoría el paisaje ya fue modificado con antelación por el camino de terracería que fue construido para la comunicación terrestre de los pobladores.
	Calidad de vida.	Generación de empleos.
		Incremento en el consumo de bienes y servicios locales.
Despalme.	Suelo.	Erosión del suelo y pérdida de los horizontes, acumulación en partes bajas.
		Remoción de la capa de suelo fértil.
	Aire.	Contaminación del aire por partículas suspendidas y el empleo de la maquinaria.
	Hábitat.	Afectación a los micro ecosistemas por el efecto barrera y su fragmentación.
	Fauna.	Perturbación y desplazamiento de la escasa fauna silvestre principalmente Aves.
	Paisaje.	Alteración por los movimientos de las capas edáficas con equipo pesado y camiones de carga en los lomeríos y ruptura de la continuidad de la vegetación.
	Calidad de vida.	Generación de empleos.
		Incremento en el consumo de bienes y servicios locales.
Nivelación y rellenos.	Calidad de aire.	Contaminación del aire con partículas minerales, por el movimiento de tierras.
		Contaminación del aire por la generación de gases de combustión interna.
	Seguridad en el trabajo.	Riesgo de accidentes para los trabajadores, por uso de maquinaria y equipo pesado o falta de capacitación en el trabajo.
	Paisaje.	Modificación total de la geoforma ya que habrá una modificación de manera permanente e irreversible.
	Hidrología.	Contaminación de la calidad del agua por caída de materiales debido al movimiento de tierras para los terraplenes, principalmente en los márgenes de los cauces presentes, sin embargo, es

		importante señalar que solo se contemplan obras de drenaje y la pavimentación de los márgenes de este cuerpo acuífero sin embargo se considerará para fines de un posible impacto.
	Calidad de vida.	Generación de empleos para diferentes tipos de población trabajadora.
Compactación.	Aire.	Generación de Polvos.
	Fauna.	Ahuyentamiento y desplazamiento de fauna silvestre por el ruido.
	Calidad de Vida.	Generación de empleos de mano de obra local poco calificada.
	Acústica.	Aumento del ruido producto del empleo de maquinaria pesada.
	Hidrología.	Alteración de la dinámica hidrológica superficial.
Acarreos de material.	Aire.	Presencia de partículas suspendidas por el acarreo de materiales.
	Acústica.	Generación de ruido por los camiones de transporte.
	Generación de empleo.	Uso de los servicios locales de transporte de carga.
Acarreos de material (desmonte y despalme).	Aire.	Presencia de partículas suspendidas por el acarreo de materiales.
	Acústica.	Generación de ruido por los camiones de transporte.
	Generación de empleo.	Uso de los servicios locales de transporte de carga.
Trabajo y presencia humana en campo.	Suelo.	Fecalismo al aire libre
		Contaminación del suelo, por el uso de diferentes sustancias químicas y la generación de residuos domésticos y de manejo especial.
	Calidad de aire.	Contaminación del aire por actividades inherentes a la presencia humana.
		Contaminación del aire provocado por las plantas generadoras de energía eléctrica.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 10. Listado de cotejo de la construcción del proyecto.

ACTIVIDAD.	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS.	IMPACTO.
Obras de drenaje y subdrenaje.	Suelo.	Incorporación de estructuras y elementos ajenos al terreno natural, existe una exposición de la superficie del suelo y horizontes.
	Geomorfología.	Socavación de las bases de las obras con movimientos de materiales.
	Hidrología.	Contaminación temporal de aguas superficiales y modificaciones temporales del patrón de escurrimiento superficial y del gasto hidrológico.
	Calidad de vida.	Generación de empleos.
Colocación de base y subbase.	Hidrología.	Alteración de la dinámica hidrológica superficial.
	Suelo.	Erosión y cambio de las características del suelo, con riesgos potenciales de contaminación.
	Generación de empleo.	Uso de mano de obra local y poco calificada.
Construcción de Terraplenes.	Hidrología.	Modificación temporal de la calidad del agua por caída accidental de materiales particulados finos en los cauces presentes.
	Geomorfología.	Modificación del relieve.
	Suelo.	Erosión gravitacional, eólica e hídrica por desaparición de la cubierta vegetal.
		Modificación de la calidad del suelo, por contaminación con residuos sólidos, material de construcción y residuos.
	Calidad de vida.	Generación de empleos para la contratación temporal de mano de obra calificada y no calificada.
Acarreos de material.	Calidad del aire	Contaminación por ruido.
		Generación de polvos.
		Contaminación atmosférica por los gases de combustión.
	Calidad de vida	Generación de empleos locales, por la contratación de vehículos de carga y operarios.
Operación de maquinaria y equipo.	Calidad del aire	Contaminación por ruido durante la operación de equipos y maquinaria pesada.
		Generación de polvos por el movimiento de materiales de construcción.
		Contaminación atmosférica, por la generación de gases de combustión durante la operación de los equipos y maquinaria pesada.
	Suelo	Contaminación del suelo y subsuelo por derrames ocasionales de combustibles, aditivos y lubricantes.
	Calidad de vida	Generación de empleos para la contratación temporal de mano de obra calificada y no calificada.
	Seguridad	Riesgo de accidentes durante la operación de los equipos y maquinaria pesada.
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio.	Calidad del agua	Afectación de los atributos del agua, por derrames accidentales de sustancias contaminantes en el drenaje, (aceites, aditivos y lubricantes) utilizadas para el equipo y maquinaria pesada.
	Calidad del aire	Generación de polvos.
		Contaminación por ruido.
	Suelo	Contaminación del suelo por la ocurrencia de derrames incidentales sustancias químicas para el equipo utilizado.
	Geomorfología y paisaje	Alteración y modificación temporal del paisaje.
	Seguridad	Riesgos de accidentes para la población trabajadora.
	Calidad de vida	Generación de empleos para la contratación temporal de mano de obra calificada y no calificada de la región.

Colocación de carpeta asfáltica, incluye riegos de liga y sello y Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	Clima	Afectación al microclima, por la incidencia de la radiación solar y calentamiento del asfalto, aunado al paso del flujo vehicular.
	Calidad del aire	Generación de polvos y gases de combustión.
		Contaminación por ruido.
	Hidrología superficial	Formación de una barrera física que obstaculiza el drenaje superficial que puede provocar encharcamientos y la posibilidad de accidentes y procesos erosivos, así mismo es importante señalar que el sitio donde se coloque la carpeta de rodamiento permeable permitirá una recarga hidrológica.
	Calidad de vida	Generación de empleos temporales de mano de obra calificada y no calificada de la región.
	Fauna	Producción del efecto barrera que impide el libre tránsito de la fauna, sobre todo la de lento desplazamiento, produciendo su mortandad.
Manejo y disposición de residuos de obra.	Suelo	Contaminación del suelo y subsuelo por la presencia de sustancias contaminantes, asociados a un mal manejo y derrames ocasionales
	Paisaje	La presencia de residuos sólidos, aunado a un manejo inadecuado, provoca un deterioro local y temporal de la estética del paisaje
Señalamientos.	Paisaje	La presencia de señalamientos provoca una alteración visual del paisaje, sin embargo, por otro lado, favorece la seguridad de la carretera y da cumplimiento con la Normatividad de la SCT.
	Calidad de vida	Generación de empleos para la contratación temporal de mano de obra no calificada.
Desmantelamiento de la infraestructura de apoyo.	Suelo	Compactación e impermeabilización del terreno utilizado.
		Contaminación del suelo, por la generación de residuos finales.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 11. Listado de cotejo de la operación y mantenimiento del proyecto.

ACTIVIDAD.	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS.	IMPACTO.
Tránsito vehicular.	Calidad del aire.	Contaminación del aire por la emisión de gases de combustión de los vehículos que circulen por la carretera.
		Emisión constante de ruido por el tráfico vehicular.
	Suelo y agua.	Contaminación del suelo y agua, por derrames ocasionales de aditivos, aceites lubricantes, gasolina que son transportados por el agua pluvial hacia los escurrimientos superficiales o al suelo.
	Fauna.	Atropellamiento de la fauna silvestre terrestre.
	Seguridad durante el transporte.	Riesgo de accidentes por la circulación de los vehículos e imprudencia de conductores, así como posibles atropellamientos de peatones.
	Asentamientos irregulares.	Crecimiento urbano irregular a la orilla del proyecto.
	Desarrollo urbano.	Incremento en la demanda de bienes y servicios.
Limpieza, bacheo y señalización.	Suelo.	Es benéfica la recolección y disposición de los residuos de asfalto y otros materiales, escombro y residuos sólidos presentes en el derecho de vía, derivados del uso de la carretera y mantenimiento.
		Contaminación del suelo por la ocurrencia de derrames ocasionales de sustancias como pintura y aceites.
	Calidad del aire.	Emisión de gases de combustión por colocación del asfalto nuevo.
	Seguridad.	Minimización del riesgo de accidentes vehiculares.
	Calidad de vida.	Generación temporal de empleo de mano de obra no calificada.
Colecta y Transporte de residuos generados a lo largo de la carretera y derecho de vía.	Suelo.	Contaminación del suelo en el sitio de disposición final.
	Calidad del Aire.	Dispersión de partículas fugitivas a la atmósfera.
		Generación de ruidos y emisión de sustancias a la atmósfera.
	Vialidades utilizadas.	Caída de residuos en la superficie de las vialidades.
	Accesos inmediatos de entrada y salida.	Accidentes viales potenciales por la presencia de residuos de gran tamaño o que puedan obstaculizar la visibilidad.
Sistemas de Prevención de Accidentes.	Seguridad.	Disminución de los accidentes viales, atropellamientos a peatones, colisiones y averías mecánicas.
		Disminución de las afectaciones a la integridad física de los usuarios.

Fuente: PIMEX, 2022

A partir de esta primera aproximación de las modificaciones potenciales a los elementos del SAR, se pueden establecer los impactos primarios, secundarios y terciarios más relevantes, así como la temporalidad y espacialidad del efecto. En ese sentido se presentan el siguiente cuadro con los principales efectos negativos, así como los principales componentes ambientales afectados.

Tabla V. 12. Principales impactos y factores ambientales afectados del proyecto.

PRESIÓN O CAUSA DE MODIFICACIÓN	ESPECIALIDAD Y TEMPORALIDAD	EFECTOS PRIMARIOS	EFECTOS SECUNDARIOS	EFECTOS TERCIARIOS
Desmonte de la cobertura vegetal.	Local y permanente.	Perdida de la cobertura vegetal, extracción de raíces y arrastre de troncos.	Erosión del suelo.	Durante el arrastre de los troncos, se acentúa la escorrentía superficial y mayor poder erosivo.
				Aumento en una emisión local de Aero partículas.
				Ingreso a corrientes superficiales temporales, provocando un incremento local los sólidos suspendidos.
			Movimiento de rocas superficiales.	Caída de materiales sueltos o fragmentados.
Despalme del suelo.	Local y permanente.	Remoción de los horizontes someros del suelo.	Perdida del suelo y horizontes superficiales fértiles.	Carencia de un sustrato para reestablecer a organismos vegetales.
		Hábitat.	Afectación puntual del hábitat de fauna silvestre.	Disminución y fragmentación del hábitat para la fauna silvestre y su movilidad.
				Perturbación y desplazamiento de la escasa fauna silvestre.
				Disminución de la abundancia faunística.
		Paisaje.	Modificación del paisaje.	Alteración del paisaje geomorfológico y del patrón de la escorrentía superficial.
	Local y temporal.	Calidad del Aire.	Contaminación del aire por la generación de ruido y gases de combustión	Ahuyentamiento a largo plazo de forma intermitente de la fauna.
Excavación y nivelación.	Local y permanente.	Paisaje.	Modificación del paisaje a lo largo de la trayectoria del proyecto.	Conformación de un nuevo paisaje artificial con una nueva dinámica hidrológica.
		Suelo.	Eliminación de las capas superficiales del suelo	Se produce la imposibilidad del retorno de la vegetación e infiltración del agua pluvial.
	Local y temporal.	Calidad de aire.	Contaminación del aire con partículas y gases de combustión interna, por el movimiento de tierras.	Ahuyentamiento temporal de la fauna
Incorporación de los terraplenes.	Puntual e intermitente.	Paisaje.	Se verá modificado el paisaje debido a la colocación de estructuras y terraplenes que servirán para el cruce del proyecto sobre las corrientes hidrológicas temporales.	Afectación sobre el paisaje actual.
Pavimentación y operación del proyecto.	Regional y permanente.	Conformación de una barrera física de la fauna.	Atropellamiento de organismos de la fauna (en su mayoría pequeños mamíferos y reptiles).	Disminución de las poblaciones faunísticas y desplazamiento hacia las partes altas de los lomeríos.

Fuente: PIMEX, 2022.

Con la finalidad de identificar y evaluar eficazmente los impactos ambientales, se emplearán las mejores metodologías existentes actualizadas, con la finalidad de ofrecer certidumbre al panorama del impacto que se causará al ambiente, por el desarrollo del nuevo proyecto. Lo anterior apegado a la definición de impacto ambiental, conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA). Para identificar y evaluar los impactos ambientales que pudieran generarse por el desarrollo de diversos proyectos, 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 Sistema Ambiental Regional, interpretar los resultados y finalmente, establecer las medidas para prevenir y/o compensar los efectos negativos en el mismo con base en los resultados obtenidos en la evaluación. En este apartado se describe la secuencia de los pasos que comprenden los métodos utilizados para la identificación, evaluación y ponderación de los impactos ambientales del proyecto:

- Se describen y analizan el conjunto de actividades y etapas programadas, dentro de la obra, lo cual requiere las particulares y especificaciones puntales, en tiempo y espacio, así como la valoración de la intensidad de las modificaciones sobre los factores ambientales.
- Posteriormente se procede a la elaboración de un listado de actividades de cada etapa del proyecto, el cual se agrupan en las siguientes etapas: Preparación del sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento. En cada una de estas etapas se describen las distintas actividades a realizar, lo que permite una mayor comprensión e interpretación de los efectos sobre el ambiente. Este listado de actividades permite fundamentar las bases del Check List, como primera actividad de identificación de impactos ambientales generados por el proyecto.
- Una vez obtenido el listado de cotejo de la actividad se procede al análisis de impactos ambientales mediante una lista de chequeo compuesta.
- Concluida la primera identificación de impactos ambientales, se refuerza la investigación con un análisis de interacciones con los atributos ambientales. Dicho análisis requiere el siguiente procedimiento. Se enlistan los factores y atributos ambientales relevantes, después de una discusión y análisis interdisciplinario, pueden llegar a ser afectados por una o varias etapas de la obra, elaborando el listado de cotejo cada una de las obras tipo. Los factores ambientales listados son: Geología, Geomorfología, Suelo, Aire, Hidrología Superficial, Vegetación, Fauna, Hábitat, Paisaje, Uso del Suelo, Factores Sociales y Económicos.
- En las columnas se colocan las etapas del proyecto de manera horizontal, los factores y atributos ambientales desglosados se colocan de manera vertical, para identificar las interacciones potenciales. Se procede a la elaboración de una primera matriz de identificación de impactos ambientales, cuyo objetivo inicial es la identificación de interacciones potenciales generadas por las actividades de la obra, para completar un primer listado de hipótesis de cambios ambientales. Posteriormente se realiza una breve descripción de la afectación de los impactos evaluados y las consecuencias que podría tener a largo plazo.
- Después de la matriz de identificación de impactos ambientales y una vez identificadas las interacciones posibles, que representa una afectación al medio natural, se procede a eliminar los atributos ambientales y actividades de la obra que no presenten interacción, para acotar hacia los impactos críticos del proyecto.
- Una vez identificadas las interacciones entre las actividades de la obra y los atributos ambientales y de acuerdo con el tipo de impacto se construye la Matriz de ponderación utilizando 10 criterios aplicables al impacto ambiental identificado y se ponderan y valoran los posibles impactos ambientales.
- El siguiente paso consiste en realizar un análisis técnico respecto al incremento de la pérdida de conectividad de los ecosistemas del Sistema Ambiental Regional y la disminución de hábitats para la fauna causados por el proyecto, se realiza un análisis de fragmentación del paisaje, existen muchas medidas de paisaje para cuantificar la fragmentación del hábitat, una medida de fragmentación que ha sido presentada más recientemente y que ha sido ampliamente aplicado como un indicador para monitoreo ambiental en varios países como Suiza y Alemania, se trata del método del *tamaño efectivo de la malla*, el cual será utilizado.
- Se procede a establecer las jerarquías de las actividades identificadas y ponderadas como las de mayor impacto y se agrupan en tres categorías, a fin de establecer las medidas de mitigación de manera directa y considerando la relevancia de la actividad a atender.

Con las metodologías utilizadas se superan y cubren las deficiencias inherentes de cada técnica aplicada, lo cual permite garantizar que se tiene una evaluación más integrada y de una mayor cobertura y comprensión de las

actividades del proyecto sobre los factores y atributos ambientales considerados. Para la estimación cualitativa de los cambios generados, se utiliza una metodología combinada que consiste en desarrollar listados de chequeo, matrices y sobreposición de mapas. Como punto de partida se realiza una descripción y análisis del conjunto de actividades que se llevarán a cabo en el proyecto, lo cual requiere especificaciones muy puntales, tanto en tiempo como en espacio, así como en la intensidad de las modificaciones sobre los factores ambientales. Los métodos de evaluación cualitativa inician con un listado de chequeo o de cotejo, que consiste en desarrollar la lista de factores ambientales y la lista de actividades del proyecto, estas se elaboraron de acuerdo con las características de cada una de las obras a desarrollar en el Sistema Ambiental Regional y por la discusión interdisciplinaria de los factores del medio físico, biológico y socioeconómico. El listado de actividades de cada etapa del proyecto, quedo agrupado en los siguientes rubros: Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento.

Los factores ambientales listados son:

- Clima.
- Geomorfología.
- Suelo.
- Geología.
- Hidrología.
- Vegetación.
- Fauna.
- Hábitat y Paisaje.
- Factores Sociales y Económicos.

Una vez obtenidas estas listas se procede a realizar el análisis de las interacciones, para lo cual se construye una matriz, en la cual los atributos ambientales se colocan en el eje vertical y las diferentes etapas del proyecto en columnas de manera horizontal. Para realizar una identificación completa de las posibles interacciones se procederá a la construcción de matrices, que son:

- **Matriz de identificación.** En esta matriz se identifican las interacciones potenciales generadas por las actividades de la obra, para completar un primer listado de hipótesis de cambios ambientales. Posteriormente se realiza una breve descripción de la afectación de los impactos evaluados y las consecuencias que podría tener a largo plazo. Después de la matriz de cribado y una vez identificadas las interacciones posibles, que representa una afectación al medio natural, se proceden a eliminar los atributos ambientales y actividades de la obra que no presenten interacción.

Una vez identificados los impactos ambientales, se elabora la matriz de evaluación de criterios ponderados, en esta matriz se califica el grado de afectación de las distintas actividades sobre cada atributo ambiental basándose en criterios que se acuerdan entre los especialistas.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN.

Con la finalidad de realizar un análisis técnico respecto al incremento de la pérdida de conectividad de los ecosistemas del Sistema Ambiental Regional y la disminución de hábitats para la fauna causados por el proyecto, se realiza un análisis de fragmentación del paisaje, existen muchas medidas de paisaje para cuantificar la fragmentación del hábitat, una medida de fragmentación que ha sido presentada más recientemente y que ha sido ampliamente aplicada como un indicador para monitoreo ambiental en varios países como Suiza y Alemania, se trata del método del tamaño efectivo de la malla. Se eligió el tamaño efectivo de la malla como medida de fragmentación porque este método agrega la información de fragmentación del paisaje en un valor único que puede ser fácilmente obtenido e interpretado, y, adicionalmente, tiene otras varias ventajas:

- Toma en cuenta todos los fragmentos restantes en la "red" de infraestructura de transporte, zonas urbanas, etc.
- Es conveniente para comparar la fragmentación de regiones con diferentes áreas totales y con diferentes proporciones ocupadas.

- Su confiabilidad ha sido confirmada en el fundamento de nueve criterios de confiabilidad mediante una comparación sistemática con otras medidas cuantitativas (Jaeger, 2000, 2002).
- Puede ser ampliada para incluir la permeabilidad de la infraestructura de transportación para animales o humanos para moverse en el paisaje (es decir, el efecto de filtro; Jaeger, 2002).

Primero se ejecuta un estudio previo a la introducción del trazo del proyecto y otro análisis con el proyecto una vez inmerso en el Sistema Ambiental Regional con la finalidad de conocer la perdida de conectividad y el nivel de fragmentación obtenido una vez ingresado el proyecto, las siguientes medidas de fragmentación fueron las utilizadas para realizar dicho análisis (Jaeger, 2000):

1) Grado de coherencia.
2) Grado de división del paisaje.
3) Índice de división.
4) Tamaño efectivo de la malla.
5) Índice de densidad.
6) Producto neto.

(1) Grado de coherencia C. El grado de coherencia se define como la habilidad de dos animales de la misma especie -colocadas al azar en una zona- de encontrarse entre sí:

$$C = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{A_i}{At}\right)^2.$$

Con n = número de parches; Ai = tamaño de los n parches (i = 1,…, n); At = área total de la región.
Alternativamente, C se puede entender como la probabilidad de que dos animales, los cuales han sido capaces de moverse a lo largo de toda la región antes de que los procesos de fragmentación tomaran lugar, se encuentren en la misma área parcial cuando la malla de las líneas y áreas de disección se colocan sobre la región.

(2) Grado de división del paisaje D. El grado de división del paisaje (D) se define como la probabilidad de que dos lugares escogidos estocásticamente en el paisaje bajo investigación no estén situados en la misma área no seccionada, la fórmula para dicho grado se muestra a continuación:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{A_i}{A_t}\right)^2$$

(3) Índice de división S. El índice de división (S) se define como el número de parches que uno obtiene cuando divide la región total en partes de igual tamaño de tal manera que esta nueva configuración Φ´ conduce al mismo grado de división del paisaje (D) como el obtenido para Φ. Un cálculo simple resulta en:

$$S = \frac{A_t^2}{\sum_{i=1}^{n} A_i^2}.$$

Si todos los parches de un área de distribución Φ tuvieran el mismo tamaño, entonces Φ = Φ´y S = n. S puede interpretarse como el "número efectivo de la malla" de una malla Φ´ con un tamaño de malla constante dividiendo la región en S parches los cuales todos tendrán el tamaño $A_t/_S$.

(4) Tamaño efectivo de la malla m (MSIZ). El tamaño efectivo de la malla (m) denota el tamaño de las áreas cuando la región bajo investigación se divide en S áreas (cada una con el mismo tamaño $A_t/_S$) con el mismo grado de división del paisaje como para Φ:

$$m = \frac{A_t}{S} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^{n} A_i^2.$$

(5) Índice de densidad s. Cuando un paisaje se caracteriza por el índice de división (S) entonces el número de "mallas" per-unidad de área está dado por la densidad de división:

$$s = \frac{S}{A_t} = \frac{A_t}{\sum_{i=1}^{n} A_i^2} = \frac{1}{m}.$$

(6) Producto neto N. El producto neto (N) se define como el producto del tamaño efectivo de la malla, m, y el área total de la región:

$$N = m \cdot A_t = \sum_{i=1}^{n} A_i^2.$$

Esta cantidad es la contraparte extensiva del tamaño efectivo de la malla (m).

AFECTACIÓN SOBRE UNIDADES DE PAISAJE.

En este contexto, el paisaje se compone por unidades discretas, perceptibles y diferenciables ligadas con los usos de suelo que una sociedad genera y acepta para un espacio territorial. Las unidades de paisaje, entonces, se estructuran de acuerdo con una composición de características o rasgos naturales que las hacen claramente distinguibles unas de otras, condición que permite que sean una base territorial para evaluar la oferta de recursos naturales y su manejo para efectos de planeación sectorial y espacial con límites naturales distinguibles al ojo humano. La situación conceptual considerada es una división espacial del entorno con fines de establecer una demarcación, en este caso el Sistema Ambiental Regional, para poder realizar, bajo límites, un análisis cartográfico de las unidades de paisaje. Para ello se consideraron las escalas de trabajo de 1:30,000 para la cartografía aceptada por la resolución de las imágenes y planos utilizados. Bajo el marco de referencia descrito, se aborda el impacto y riesgo ambiental utilizando un Sistema de Información Geográfica vectorial con lo cual se realiza una cartografía sobre la que se contrastan las propiedades del proyecto. Para este caso se utilizó el programa Arcgis 10.3. La aplicación de herramientas SIG a la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) potencian la comprensión del entorno y permiten la integración, modelado, análisis y la valoración de los distintos factores que, eventualmente, habrán de interactuar con la obra o actividad propuesta. La utilización del SIG en la valoración del impacto ambiental permite, entre otras cosas:

- Obtener, acopiar y sistematizar la información ambiental.
- Realizar un diagnóstico ambiental documentado.
- Analizar la información ambiental en base a datos numéricos con referencia espacial y temporal lo que permite un mayor nivel de integración y procesamiento.
- Ofrece información detallada, confiable y referida geográficamente.
- Permite el planteamiento de preguntas y ofrece respuestas confiables.

En función de lo anterior se presenta a continuación una valoración de los impactos ambientales a partir del conocimiento del inventario de los elementos naturales documentados utilizando el Sistema de Información Geográfica, esto en virtud de que esta herramienta y método ofrecen una descripción de espacio, basada en la cuantificación del conjunto elementos naturales que pudieran ser afectados por la obra pretendida y con ello proveer, y aplicar, las medidas de prevención, mitigación y/o compensación necesarias, pertinentes y específicas para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONA.

A fin de identificar adecuadamente las medidas para minimizar, restaurar o compensar los impactos negativos, se aplicaron diferentes metodologías especializadas en la evaluación e identificación de impactos ambientales, dichas metodologías fueron señaladas con antelación, a continuación, se presentan estas metodologías para que una vez identificados y ponderados los impactos ambientales se procede a identificar y describir las medidas de mitigación.

La aplicación de la Lista de Verificación es la primera técnica para identificar las actividades del proyecto, así como sus factores y atributos ambientales comprendidos en el área de estudio. Su análisis se desarrolla en Cuatro fases: Preparación, Construcción , Operación y Mantenimiento. De acuerdo con el grupo multidisciplinario evaluador, se elaboró una primera lista simple de chequeo para el proyecto; también se desarrolla la identificación de los factores, atributos e indicadores involucrados. A continuación se presentan los primeros listados de las actividades por cada etapa del proyecto, posteriormente el Check List compuesto que consiste únicamente en listar las acciones y factores ambientales sin discutirlos, el grupo multidisciplinario de evaluación de impactos ambientales elaboró esta lista de chequeo sobre la base de una lluvia de ideas denominada técnica Delphi, soportada bajo la amplia experiencia del grupo evaluador; posteriormente se aplica simultáneamente la técnica "Ad hoc", y su ponderación, con dicha metodología se obtuvieron las tablas de identificación de impactos. Las fuentes de cambio provocadas por la obra y que afectan al Sistema Ambiental se muestran en la lista de cotejo correspondiente a las actividades del proyecto. Las perturbaciones de estas fuentes de cambio se analizan en las matrices de identificación, así como los procesos a través de los cuales ocurren las modificaciones del sistema ambiental, a partir de las acciones de la integración de proyecto, con la secuencia de impactos analizados. La relación de indicadores, desglosada según los distintos componentes del ambiente, resulta extremadamente útil para las distintas fases de un proyecto, incluyendo los indicadores particulares para el proyecto, los cuales se utilizarán posteriormente.

V.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS IMPACTOS.

Las actividades del proyecto se indican en la siguiente relación, y posteriormente se hace el listado de chequeo y el análisis respectivo del factor en el cual inciden los impactos ambientales producidos.

Tabla V. 13. Listados de Actividades del proyecto.

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO.
1. Trazo y delimitación del derecho de vía.
2. Indemnización a propietarios
3. Desmonte de la vegetación.
4. Despalme del suelo.
5. Cortes.
6. Nivelación y rellenos.
7. Excavación.
8. Compactación.
9. Manejo y disposición de residuos de obra.
10. Instalación de infraestructura de apoyo provisional.
11. Preparación del cruce de caminos y vialidades.
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.
12. Obras de drenaje y subdrenaje.
13. Construcción de Terraplenes.
14. Acarreos de material.
15. Plantas de asfalto, concreto, trituradoras.
16. Talleres y patios de servicio.
17. Colocación de carpeta asfáltica.
18. Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable).
19. Obras complementarias.
20. Manejo y disposición de residuos.
21. Señalamientos.
22. Servicios adicionales al usuario.
23. Áreas verdes.
24. Desmantelamiento de la infraestructura de apoyo.
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO.

25. Tránsito vehicular.
26. Bacheo, pintura y señalización.
27. Limpieza de vegetación ruderal y residuos.
28. Sistema de Prevención de Accidentes.
29. Áreas verdes.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 14. Lista indicativa de indicadores de impacto.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS
Físicos	Clima	Velocidad del viento
		Insolación
	Geomorfología	Denudación
		Movimientos de materiales
		Relieve
	Geología	Material (tipo de roca)
		Afloramientos rocosos
		Inestabilidad
	Suelo	Unidad de suelo (tipo)
		Erodabilidad
		Profundidad
		Pedregosidad
	Aire	Composición gaseosa
		Aero partículas minerales
		Acústica
	Hidrología Subterránea	Composición del acuífero
		Recarga hidrológica
	Hidrología Superficial	Dinámica hidrológica
		Calidad del agua
		Avenidas
Biótico	Vegetación	Diversidad
		Abundancia
	Fauna	Diversidad
		Abundancia
	Hábitat	Sucesión ecológica
		Comunidades vegetales
		Composición
		Sensibilidad
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual
		Fragilidad
		Estatus ecológico
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra
		Uso potencial
		Uso actual
	Elementos Urbanos	Vialidad y transporte
		Asentamientos humanos
		Migración interregional
	Salud y Seguridad social	Seguridad en el trabajo
		Calidad de vida
	Económicos	Generación de empleo
		Medios de comunicación
		Consumo de bienes y servicios
		Actividades Antropogénicas

Fuente: PIMEX, 2022

De esta forma se identificaron **29 Actividades** durante todas las etapas programadas del proyecto y **43 Elementos** del medio natural y socioeconómico sobre los cuales la obra ejerce algún tipo de interacción. Con estas variables

se llevó a cabo la identificación y evaluación de los impactos ambientales, y de manera subsecuente se determinó el nivel de impactabilidad de las actividades y, por otra parte, se estableció el diseño de las medidas de mitigación, tendientes a reducir el nivel de afectación a que estarán sometidos cada uno de los elementos ambientales a lo largo de la vida del proyecto. Para cuantificar las interacciones entre las actividades del proyecto y los elementos ambientales de los medios natural y socioeconómico se diseñó una matriz de correlación, la cual permite conocer el nivel de impactabilidad de las actividades y el nivel de afectabilidad de los elementos sociales, económicos o naturales. De esta manera se tiene un índice, que resulta en un número para una categorización y mejor comprensión del impacto ambiental generado por el proyecto. Estos índices permiten deducir dentro de una escala predeterminada y en escala porcentual, la relación entre el agente generador de impactos con el elemento impactado; el primero califica de cada una de las actividades del proyecto su capacidad de generar impactos sobre los diferentes elementos analizados, mientras que el segundo permite conocer cuáles serán los elementos más afectados. Finalmente, se conocen las actividades que propician desde una sola afectación hasta aquellas que son capaces de provocar un amplio espectro de impactos al medio; por otra parte, en esta interacción identificada, se reconocen los elementos más susceptibles de ser afectados por una sola actividad o por varias durante cada una de las etapas del proyecto. Con la lista simple anterior se elaboró una lista de chequeo compuesta que identifica impactos ambientales en cada una de las etapas del proyecto, los cuales se analizan agrupados y bajo el contexto de integralidad. De acuerdo con la lista de chequeo se tiene la siguiente evaluación de Impactos ambientales:

Preparación del Sitio.

- **Suelo:** Las afectaciones provienen de las actividades del Desmonte, Despalme, Excavación, Movimiento de tierras, Nivelación y Compactación, las cuales modificarán las propiedades del suelo el cual corresponden a distintas asociaciones de suelos, aunque predominan las asociaciones con andosoles que presentan en general una vulnerabilidad baja a la erosión, con un impacto permanente e irreversible; se tiene una ponderación baja, lo cual obedece a que la zona donde se pretende realizar el proyecto abarca una gran superficie de camino de terracería existente y en los lugares considerados para el cambio de uso de suelo, se encuentra con una cubierta de bosque de oyamel, aunque en algunas zonas se observa una mayor recuperación que en otras, como la deforestación para el uso de leña, el cambio de uso de suelo hacia el pastizal con fines agropecuarios, cambio observado con mayor intensidad en la parte norte del Sistema Ambiental Regional. Todo esto sobre suelos someros que descansan directamente sobre un material geológico fragmentado y sobre suelos que han sido utilizados para la vía de comunicación. La infraestructura del Proyecto, por su naturaleza, tendrá que ocupar y modificar toda la escasa superficie del terreno prevista; sin embargo, es importante recalcar que será únicamente en una zona específica y puntual, necesaria para las zonas de la ampliación del camino y/o para las rectificaciones pretendidas. Las cuales se desarrollarán sobre el derecho de vía, lo cual generará un mínimo volumen de residuos de tierra y material geológico de los horizontes alterados y superficiales del suelo mencionados anteriormente.
- **Biota:** Es importe señalar que serán ocupadas para el proyecto 4.36 ha, que representan el 0.19 % de toda la superficie del SAR, es decir que el 99.81% del SAR no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto, en lo que concierne al AI de su área total (440.84 ha) dicha ocupación del proyecto representa el 0.98 %, es decir que el 99.02% del AI no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto destacando que la movilidad de la sociedad y la economía es la que incluirá en ese espacio territorial. Se tiene que el área total ocupada por el proyecto será de 4.36 ha, de las cuales 2.08 ha pertenecen al Camino existente y 2.28 ha corresponden a la superficie a afectar por el trazo del proyecto, de los cuales el Uso de Suelo y Vegetación de Pastizal Inducido ocupa un área de 95.06 % y el Bosque de Oyamel con 4.94 % de dicha área, debido a ello, se propiciara un efecto secundario, que será la migración temporal de organismos de la fauna, como reptiles, mamíferos y aves, cabe destacar que solo se encontró la evidencia de especies de aves que volaban y perchaban por áreas cercanas al trazo del proyecto que retornarán con la integración de las áreas verdes

presentes en el proyecto, teniendo como una prioridad la restricción de no molestarlos, en este sentido, únicamente se espera el ahuyentado temporal de esta especies durante esta etapa del proyecto. La mayor afectación corresponderá al impacto generado por la eliminación de los elementos florísticos presentes en el trazo, estos fueron descritos en el Capítulo IV, del presente trabajo, toda vez que las áreas verdes que se tienen contempladas en el proyecto corresponden al resto del área que no recibirá ningún tipo de impacto o en lugares destinados fuera del derecho de vía del área del sitio del proyecto programado que es el mejoramiento de un camino existente de terracería, por lo que ni se afectará ni aprovechará la vegetación natural del mismo.

- **Calidad del aire:** Las actividades antes descritas presentan un constante movimiento de materiales y maquinaria, que emitirán a la atmósfera partículas fugitivas que alterarán de manera temporal y puntual la calidad del aire, que actualmente para la zona del camino existente de terracería y de las zonas agropecuarias se evaluó como **mala**, la cual puede disminuir y puede ser controlada durante el periodo de lluvias. La preparación del sitio involucra el movimiento de maquinaria y consumo de combustible (Diésel) que emite gases, humos y partículas sólidas asociado a la operación del equipo, que serán adicional a la carga de contaminantes emitidos por los vehículos automotores que circulan en la vialidad colindante al predio aunado al humo generado por las localidades que tienen como principal combustible la quema de leña, un factor a destacar es que debido a que es una zona montañosa donde se ubica el presente proyecto cuenta con una buena velocidad del viento, lo que provocará que sea menor la concentración de contaminantes en una zona determinada ya que el viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante. Otro impacto es la generación de ruido de baja intensidad, intermitente y temporal, menor de 95 dB, por la operación de la maquinaria, durante el tiempo de operación del equipo, la población se encuentra cercana a las localidades urbanas de Jiquipilco y Enthavi y estarán bajo ese efecto, lo cual se considera un impacto de magnitud e importancia media, pero intermitente, esporádico, puntual y totalmente reversible, al cese de actividades.
- **Paisaje:** El cambio de los atributos del paisaje se identifica con un deterioro inicial, sobre todo durante la etapa de preparación y construcción; además es importante señalar que la zona del Sistema Ambiental se encuentra prácticamente provista de un uso de suelo con una moderada actividad antropogénica, causadas fundamentalmente por las actividades agrícolas y pecuarias, junto con los caminos existentes, existiendo una modificación del paisaje y de sus condiciones naturales al uso actual, las modificaciones serán prácticamente imperceptibles, y restringida al área mínima del proyecto, permanente y mitigables al final de la obra. Destacando que toda la zona del SAR con mejores condiciones paisajísticas no será afectada en ningún sentido durante ninguna etapa del proyecto.
- **Factores socioeconómicos:** La integración del proyecto, desde la preparación del sitio, incrementa la seguridad para la circulación de los vehículos, ya que será necesario la integración de mano de obra para esta etapa como las subsecuentes. Esta etapa generará empleos para personal no calificado o escasamente calificado, por lo que la población recibirá este beneficio y se favorecerá la economía local. Esto conlleva a un ingreso familiar del trabajador, con un consecuente beneficio directo y encaminado al mejoramiento de su calidad de vida, lo cual ayudará bastante a los oriundos de la zona, principalmente a los de las localidades urbanas y rurales fuera del SAR. Este impacto, a pesar de ser benéfico es temporal, positivo, reversible, pero significa un efecto social de una trascendencia importante, sobre todo en este momento de la economía nacional. Por otra parte, los efectos negativos, se asocian a la llegada y presencia de trabajadores, dado que habrá un incremento en la generación de residuos sólidos y líquidos, de carácter temporal. Sin embargo, se tienen contemplados módulos de baño con la finalidad de mitigar los efectos generados por los trabajadores durante la preparación del sitio. Así como el manejo de los residuos generados que va desde su identificación, envasado de los mismos, almacenamiento temporalmente y se recolectarán y transportarán fuera del predio a sitios destinados para dicho fin.

Construcción.

- **Suelo:** La excavación, así como la integración de las terracerías y de la colocación de la base y subbase, incidirán directamente sobre el suelo que será cubierto totalmente por una capa impermeable de asfalto y material gravoso. Tiene efecto mínimo sobre la disminución en la infiltración de agua, en comparación con las condiciones de recarga actuales, a consecuencia del régimen pluvial y reducida extensión superficial del proyecto. Amén de que gran parte de la superficie se trata de camino de terracería existente. El impacto sobre el suelo será permanente, irreversible, local, no significativo, de baja magnitud y compensable.
- **Bióticos:** Para este momento la reducida fauna, que como se puntualizó con anterioridad pertenecen a aves, se habrá retirado de la zona y habrá un efecto benéfico sobre los atributos ambientales principalmente sobre el estrato vegetal, ya que el área verde natural que se tiene adyacente en la zona actualmente corresponde a Bosque y Pastizal, por lo que seguirá cuidándose y manteniéndose, con la finalidad de tener un banco de germoplasma vegetal que, de manera natural, aporte el material vegetal necesario para colonizar los espacios abiertos, en donde dominan pastizales inducidos. Las afectaciones son negativas y temporales, al inicio de la etapa, pero al final de esta, los efectos positivos de las áreas verdes naturales presentes ocasionan efectos benéficos al retorno permanente de organismos faunísticos menores y aves que se presentan en la zona.
- **Aire:** La calidad del aire se alterará de igual manera que en la etapa de preparación, pero con total disminución en la generación de polvos fugitivos; partículas dispersas y combustión de equipos y vehículos, asociados a la descarga de materiales de construcción, así como la eliminación de escombro y materiales que no son útiles como relleno y mejoramiento del terreno, estos impactos son totalmente temporales, intermitentes, mitigables y puntuales, sin afectaciones más allá de su tiempo de duración. Haciendo hincapié en que el lugar del trazo del proyecto fue catalogado como de mala calidad ambiental, sin embargo, deben considerarse llevarse a cabo todas las medidas de mitigación con la finalidad de no empeorar este estado.
- **Paisaje:** El paisaje en esta fase del proyecto será conducido paulatinamente hacia su diseño previo y obviamente a su concepción final, produciendo un efecto permanente, irreversible sobre los atributos naturales de la zona del sitio, ocasionará un efecto visual de baja trascendencia; en comparación con los impactos negativos, los cuales tienen un carácter estético visual permanente, pero de baja magnitud, dado que el entorno actual habrá de modificarse con respecto a las condiciones naturales del proyecto, que se adaptarán al uso de suelo que existe en la zona.
- **Factores socioeconómicos:** Los impactos socioeconómicos benéficos están asociados a la generación de empleos, durante la etapa de construcción se requerirá también de personal altamente calificado y no calificado, lo que tendrá un impacto positivo de baja magnitud, moderada importancia, temporal y reversible al término de la obra. Dentro de los aspectos negativos se observará la generación de ruidos, polvos, residuos sólidos, movimiento vehicular local y presencia de trabajadores modificando parcialmente las actividades y hábitos normales de la vida cotidiana, la cual se encuentra acostumbrada a la presencia de trabajadores, dado la construcción de esta vialidad, su conexión entre las localidades rurales y urbanas, que a su vez permitirán un mejor desplazamiento hacia otras zonas del estado y del municipio, que se asocia a un tráfico intenso de vehículos particulares privados, de pasajeros y de carga, así como la autopista ubicada al sur del proyecto. Este impacto es local, reversible, temporal y de baja importancia.

Operación.

- **Suelo:** Este elemento puede sufrir impactos importantes, si la disposición de residuos sólidos y líquidos resulta inadecuada; el impacto sería de baja magnitud, dada la escasa generación de residuos derivados de la operación; sin embargo, para el manejo de residuos se tiene contemplada su identificación, envasado, almacenamiento, recolección y disposición fuera del predio en sitios ex profeso; el impacto positivo será la generación de fuentes de empleo y la modernización del camino existente de terracería

hacia una carretera pavimentada, favorecerá la seguridad del tránsito de los vehículos; De esta forma el impacto es positivo, permanente, regional, irreversible y con efectos sinérgicos, de carácter benéfico.

- **Agua:** El líquido utilizado en esta etapa será baja, destinado a los servicios para los vehículos en bajos volúmenes. El impacto es negativo, local, permanente y mitigable. Sin embargo, se recomienda desazolvar con frecuencia las obras de drenaje, con la finalidad de evitar encharcamientos, inundaciones y posibles desgajes del camino y/o de la sierra baja, es decir no interrumpir el cauce natural de este tipo de corrientes de agua. Huelga señalar que, de acuerdo con el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), el trazo del proyecto atraviesa por 5 corrientes de agua una permanente y las otras intermitentes.
- **Aire:** Este atributo se altera, aunque de manera no significativa, toda vez que una vez que se encuentre en funcionamiento la carretera pavimentada, las emisiones serán locales y mitigables. Amen, de que la carretera de terracería ya existe. Razón que permite colegir que, las partículas de polvo suspendidas disminuirán considerablemente por el tránsito de vehículos automotores, toda vez que ya no existirá la terracería. En el entendido de que, las emisiones de polvo producidos en caminos no pavimentados inician con la pulverización del material superficial de suelo causado por la fuerza de las ruedas de los vehículos, al levantar y exponer el polvo a corrientes fuertes de aire detrás de las ruedas.
- **Socioeconómicos:** Se generarán empleos permanentes y desencadenará una mejora económica para el trabajador, Municipio, Estado y Federación. Amén de que la infraestructura y los servicios de comunicaciones y transportes son elementos esenciales para integrar una política de Estado que impulse el crecimiento económico y eleve la justicia social, la cual está muy olvidada en este municipio. Además, se tiene el efecto sinérgico de promover mayores posibilidades de alcanzar una mayor seguridad para el tránsito vehicular y la disminución de accidentes en esta zona, reconocida como de alta peligrosidad por las curvas existentes. La generación de residuos sólidos no dejará de estar presente, esta afectación será local, controlable, de baja magnitud, mitigable y permanente.

Mantenimiento.

- **Bióticos:** Los elementos de fauna menor como las aves que fue la única clase de individuos que se encontraron en el sitio del proyecto, estos, se desplazaron al inicio de la preparación del sitio, por lo que podrán volver y formar nuevamente una comunidad, ya que se acostumbrarán a la operación, así mismo un adecuado programa de conservación que se tendrá garantizará la existencia del Uso de Suelo, así mismo con el precepto de no molestar a los organismos presentes, ayudará a un hábitat favorable de la fauna.
- **Socioeconómicos:** El mantenimiento de todas las instalaciones es la respuesta a la necesidad de garantizar la operación del proyecto, el incremento de la seguridad y la reducción de accidentes vehiculares, así como el alargamiento de su vida útil, refrendando la pertinencia y factibilidad de seguridad, ambiental, social y económica de este tipo de proyectos. Es un impacto positivo, a largo plazo, permanente, local y sinérgico. Como efecto secundario, la posible etapa de abandono del sitio no se tiene contemplada en mínimo 100 años, en caso de presentarse se deberá contar con información que permita evaluar la posibilidad de recuperar las características ambientales que existían antes o después del desarrollo del proyecto o decidir si lo más factible es dirigir las actividades hacia la reclamación o rehabilitación de este. Es un impacto permanente y benéfico, de magnitud moderada, pero de alta importancia ambiental y social.

Tabla V. 15. Componentes y factores del entorno.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	FACTOR	INDICADOR DE IMPACTO
Medio Físico	Abiótico	Aire	Calidad del Aire	Incremento de partículas. Emisión visible de polvos y gases. Percepción de olores.
			Visibilidad	Percepción del sentido de la vista donde se reduce la distancia a que pueden reconocerse o verse los objetos.
			Nivel de ruido	Incremento de decibeles.
		Geología y Geomorfología	Relieve y microrelieve	Cambios del terreno que generan modificaciones en las propiedades del suelo o escorrentías naturales.
		Suelo	Estructura	Cambios en horizontes y propiedades del suelo.
			Calidad	Cambios en las características químicas del suelo, por la adición de sustancias extrañas o diferentes tipos de residuos.
			Uso del suelo	Modificación de vocación natural o existente del suelo.
			Erosión	Pérdida de suelo superior a la existente bajo una condición de uso del suelo preexistente o actividad.
		Hidrología Subterránea	Recarga hidrológica	Modificación en la recarga hidrológica, al reducir la impermeabilidad
			Calidad	Cambios en las características biológicas, físicas y químicas del agua.
		Hidrología Superficial	Usos de agua superficiales	Alteración de flujos de aguas superficiales.
				Uso y generación de aguas residuales.
			Calidad	Cambios en las características biológicas, físicas y químicas del agua.
Medio Biótico	Flora	Terrestre	Abundancia	Cambios en la estructura y composición de las comunidades vegetales que afectan la cobertura vegetal
			Estatus de conservación	Número de especies protegidas y /o endémicas
	Fauna	Terrestres	Abundancia	Cambios en la estructura y composición de las comunidades de fauna.
			Estatus de conservación	Número de especies protegidas y /o endémicas
Medio socioeconómico	Perceptual	Unidades de paisaje	Cualidades escénicas	Percepción e interpretación mental de cambios en la calidad del entorno natural por la inclusión de elementos exógenos.
	Económico	Economía	Nivel de empleo.	Cambios en la estructura de percepciones económicas de asalariados.
			Valor del suelo	Modificación repentina en el precio del terreno.
			Desarrollo regional	Cambios en la estructura económica regional que modifica los niveles de vida existentes debido a la demanda de insumos por el proyecto.
		Infraestructura	Equipamiento	Cambios en la estructura de componentes de importancia social que contribuyen al adecuado funcionamiento de la sociedad.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 16. Factores susceptibles de afectación y su instrumento legal de regulación del proyecto.

MEDIO	COMPONENTE	INDICADOR AMBIENTAL	REGULADOR DE INDICADOR
Abiótico	Aire	Niveles de ruido	Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación originada por la Emisión del Ruido de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Art. 11 establece la máxima emisión de ruido permisible para fuentes fijas. El nivel máximo permisible es de 68 dB(A), entre 6:00 y 22:00 (por el día) y 65 dB(A) entre 22:00 y 6:00 (por la noche).
			NOM-080-SEMARNAT-1994. Límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
		Calidad del aire	NOM-041-SEMARNAT-2015. Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
			NOM-043-SEMARNAT-1993. Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
			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 diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos.

MEDIO	COMPONENTE	INDICADOR AMBIENTAL	REGULADOR DE INDICADOR
			NOM-045-SEMARNAT-2006. Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escapa de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.
			NOM-050-SEMARNAT-1993. Niveles máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas L.P., gas natural u otros combustibles alternos como combustible.
			NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. - Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Y para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM_{10} y partículas menores de 2.5 micrómetros $PM_{2.5}$ de calidad del aire ambiente.
			NOM- 085-SEMARNAT+-2011. Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
	Geomorfología	Relieve	Dado que no existe normatividad aplicable que regule cambios en el relieve, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, *inter alia*, el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un Sistema Ambiental determinado, ya consideraos.
	Edafología	Calidad del suelo	NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.
			INEGI, Grados de Erosión del Suelo. Guía para la Interpretación de Cartografía de Uso Potencial del Suelo, 2005.
		Estructura	Dado que no existe normatividad aplicable que regule cambios en la estructura, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, *inter alia*, el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un SA determinado, incluidos en este Capítulo.
	Hidrología Superficial	Patrón de drenaje	Dado que no existe normatividad aplicable que regule el cambio en patrón de drenaje, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, *inter alia*, el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un Sistema Ambiental determinado, aspectos incluidos en este Capítulo.
		Calidad del agua	NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites Máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
			NOM-003-SEMARNAT-1997. Límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
	Hidrología Subterránea	Disponibilidad y uso del agua	Dado que no existe normatividad aplicable que regule la Disponibilidad y uso de agua subterránea, debe indicarse que el Procedimiento de Evaluación en materia de Impacto Ambiental es un instrumento de carácter preventivo que evalúa, *inter alia*, el efecto negativo sobre los componentes ambientales derivado de las obras y actividades de un proyecto, en un Sistema Ambiental determinado, aspectos incluidos en este Capítulo.
		Recarga del acuífero	Condiciones particulares de descarga de acuerdo con lo que emita la CONAGUA.
		Calidad del agua	NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites Máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
	Residuos	Residuos sólidos	NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
		Residuos peligrosos	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 por la NOM-052-SEMARNAT-1993.
Biótico	Vegetación	Estructura y composición de comunidades	NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.
		Especies con estatus de protección	
	Fauna	Abundancia y distribución de comunidades	NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.
		Hábitat	

MEDIO	COMPONENTE	INDICADOR AMBIENTAL	REGULADOR DE INDICADOR
		Especies con estatus de protección	
	Paisaje	Características del paisaje	NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.
Socioeconómico	Población y trabajadores	Oferta de empleo.	
		Seguridad.	
	Servicios e infraestructura	Demanda de insumos y servicios.	
		Infraestructura.	

Fuente: PIMEX, 2022.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.

La matriz de identificación de impactos permite identificar las interacciones que tendrá una actividad con cada uno de los elementos del ambiente, identificando si puede o no generar un impacto; cada una de estas interacciones constituye la primera hipótesis de las posibilidades de impacto ambiental:

Tabla V. 17. Posibles Interacciones entre las Actividades y Atributos Ambientales del proyecto

TOTAL, DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO.	TOTAL, DE ATRIBUTOS AMBIENTALES.	TOTAL, DE INTERACCIONES.
29 actividades.	43 elementos.	1,247

Fuente: PIMEX, 2022.

Dado lo anterior, a continuación, se presentan las siguientes matrices realizadas, con las interacciones de impactos identificados, así como la evaluación, ponderación y descripción de estos. De manera complementaria, se presentan los cuadros con la base de la calificación de diez criterios, donde se evalúa de manera cuantitativa la presencia del impacto sobre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos. De esta forma se incluyen por cada etapa y obra o actividad, los siguientes productos:

- ✓ Matriz de identificación de impactos, que incluye solo la interacción entre las actividades del proyecto y los atributos del medio.
- ✓ Cuadro de evaluación del impacto, donde se utilizan diez criterios, con valores de 0 a 2, negativos y positivos, que se asignan a las 10 categorías respectivas de los impactos ambientales.

Al final de cada evaluación, se pondera el rango en el que se presenta el impacto, y se relaciona la sumatoria de la evaluación con la siguiente clasificación de los impactos identificados.

Tabla V. 18. Categorías de los impactos identificados en la matriz de ponderación.

IMPACTO BAJO	IMPACTO MEDIO	IMPACTO ALTO
5-10	11-16	17-22

Fuente: PIMEX, 2022.

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS.

De esta forma se tiene 29 actividades, 43 factores ambientales, lo que ofrece un total de 1,247 interacciones potenciales, de las cuales solo aplican 392 interacciones identificadas para el proyecto, que significa el 31.43% de Impactabilidad. La siguiente tabla resume estos valores, así como la distribución de los impactos por cada etapa del proyecto y su expresión gráfica:

Tabla V. 19. Interacciones identificadas.

Actividades	29
Factores	43
Interacciones Potenciales	1,247
Interacciones Detectadas	392
Impactabilidad Del Proyecto	31.43%

Fuente: PIMEX, 2022.

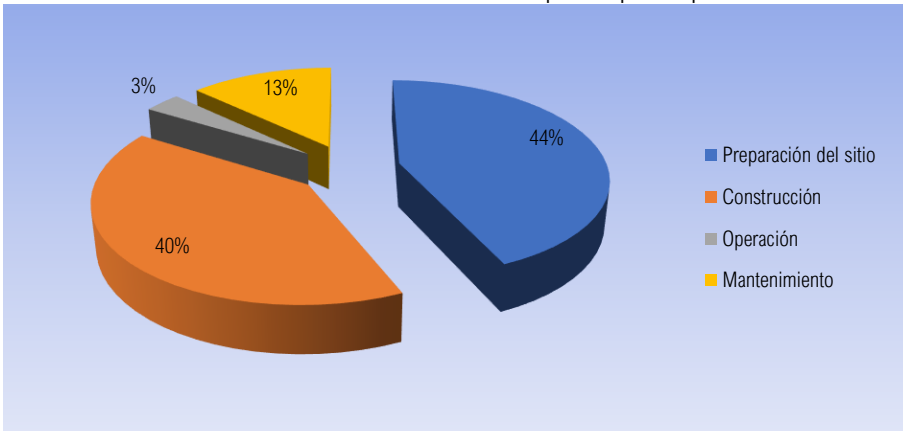
Tabla V. 20. Interacciones identificadas y Porcentaje.

	PREPARACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Impactos detectados	170	158	13	51
Porcentaje de impactos	43.37%	40.31%	3.32%	13.01%

Fuente: PIMEX, 2022.

La siguiente gráfica resume estos valores, así como la distribución de los impactos por cada etapa del proyecto:

Gráfica V. 1. Distribución de los Impactos por etapa.



Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 21. Matriz de Interacción.

Medio	Factor ambiental	Atributos	Preparación del sitio												Construcción															Operación		Mantenimiento				
			Trazo y delimitación DDV	Indemnización a propietarios	Desmonte de la vegetación	Despalme del suelo	Cortes	Nivelación y rellenos	Excavación	Compactación	Manejo y disposición de residuos de obra	Instalación de infraestructura de apoyo	Preparación del cruce de caminos y vialidades	TOTAL	Obras de drenaje y subdrenaje	Construcción de los Terraplenes	Acarreos de material	Plantas de asfalto, concreto y trituradoras	Talleres y patios de servicio	Colocación de carpeta asfáltica	Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	Obras complementarias	Manejo y disposición de residuos	Señalamiento	Servicios adicionales al usuario	Áreas verdes	Desmantelamiento infraestructura de apoyo	TOTAL	Tránsito Vehicular	TOTAL	Bacheo, pintura y señalización	Limpieza de vegetación ruderal y residuos	Sistema de Prevención de Accidentes	Áreas verdes	TOTAL
Físicos	Clima	Velocidad del viento			1	1	1							3						1								1		0				1	1
		Insolación			1	1								2				1		1					1	1		4		0				1	1
	Geomorfología	Denudación			1	1	1	1	1				1	6		1												1		0					0
		Movimientos de materiales			1	1	1	1	1					5		1				1	1							3		0					0
		Relieve					1	1	1		1		1	5		1					1							2		0					0
	Geología	Material (tipo de roca)				1	1	1	1		1			5		1	1											2		0					0
		Afloramientos rocosos				1	1	1	1					4														0		0					0
		Inestabilidad					1							1														0		0					0
	Suelo	Unidad de suelo (tipo)				1	1	1		1	1	1	1	7	1	1		1	1				1			1		6		0		1		1	2
		Erodabilidad			1	1	1	1	1				1	6	1	1		1	1	1	1					1	1	8		0				1	1
		Profundidad			1	1		1	1	1			1	6	1	1												2		0					0
		Pedregosidad				1	1	1	1					4	1													1		0					0
	Aire	Composición gaseosa				1	1	1	1	1	1			6		1	1	1	1	1	1					1		7	1	1	1			1	2
		Aero partículas minerales				1	1	1	1	1	1			6		1	1	1									1	4	1	1					0
		Acústica			1	1	1	1	1	1	1	1		8		1	1	1	1	1	1						1	7	1	1				1	1
	Hidrología Subterránea	Composición del acuífero												0									1					1		0					0
		Recarga hidrológica												0	1	1				1	1							4		0					0
	Hidrología Superficial	Dinámica hidrológica				1	1	1	1	1				5	1	1					1							3		0					0
		Calidad del agua			1	1		1	1					4									1	1				2		0				1	1
		Avenidas			1			1	1	1				4	1	1												2		0					0
Bióticos	Vegetación	Diversidad			1			1						2												1		1		0		1		1	2
		Abundancia			1			1					1	3												1		1		0				1	1
	Fauna	Diversidad			1	1								2	1											1		2	1	1					0
		Abundancia			1	1	1							3	1	1				1	1					1		5	1	1				1	1
	Hábitat	Sucesión ecológica			1	1	1	1	1					5	1	1				1						1		4		0				1	1
		Comunidades vegetales			1	1								2												1		1		0				1	1
		Composición			1	1	1	1	1					5	1											1		2		0				1	1
		Sensibilidad			1	1	1							3	1	1				1								3		0				1	1
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual			1	1	1	1	1		1			6		1		1	1	1			1	1		1	1	8		0	1	1	1	1	4
		Fragilidad			1	1	1	1	1					5						1						1	1	3		0				1	1
		Estatus ecológico			1	1	1	1	1					5						1						1		2		0		1		1	2
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra	1	1					1					3				1	1				1			1		4		0					0
		Uso potencial	1	1		1	1	1	1					6						1	1						1	3		0		1	1	1	3
		Uso actual	1	1		1		1	1		1			6	1	1				1			1			1		5		0					0
	Elementos Urbanos	Vialidad y transporte											1	1			1				1			1	1			5	1	1	1		1		2
		Asentamientos humanos												0						1								1		0		1	1		2
		Migración interregional												0						1								1	1	1			1		1
	Salud y Seguridad social	Seguridad en el trabajo				1	1	1		1		1	1	6		1	1	1	1					1	1			6	1	1			1		1
		Calidad de vida		1								1		2						1		1		1	1	1		5	1	1	1	1	1	1	4
	Económicos	Generación de empleo	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	1	1	1	1	1	1	4
		Medios de comunicación	1										1	2		1				1	1			1	1	1		6	1	1	1	1	1	1	4
		Consumo de bienes y servicios			1	1								2		1	1	1	1	1	1	1		1	1			9	1	1	1	1	1	1	4
		Actividades Antropogénicas					1	1			1		1	4	1					1	1	1	1	1	1	1		8	1	1			1	1	2
		SUMATORIA	**5**	**4**	**22**	**29**	**28**	**25**	**23**	**8**	**10**	**6**	**10**	**170**	**15**	**22**	**8**	**11**	**9**	**23**	**13**	**5**	**8**	**9**	**8**	**20**	**7**	**158**	**13**	**13**	**7**	**10**	**11**	**23**	**51**

Fuente: PIMEX, 2022.

De acuerdo con los Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 Serie VII, el Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto cuenta con una superficie total de 2,231.75 hectáreas, de las cuales de acuerdo con la carta del INEGI Serie VII, el pastizal inducido es el uso de suelo de mayor representatividad con 819.69 hectáreas que equivalen al 36.73%, es decir un poco más de la tercera parte del total, le sigue la agricultura de temporal anual con 708.46 hectáreas que representan 31.74% y el bosque de oyamel abarca 462.73 hectáreas, es decir el 20.73%, mientras el 10.79% restante lo ocupa el bosque de pino-encino con 240.87. Es decir, que existe un gran porcentaje de usos de suelo agropecuarios con el 68.47%.
Estos datos se pueden apreciar en la siguiente tabla y en la subsecuente imagen:

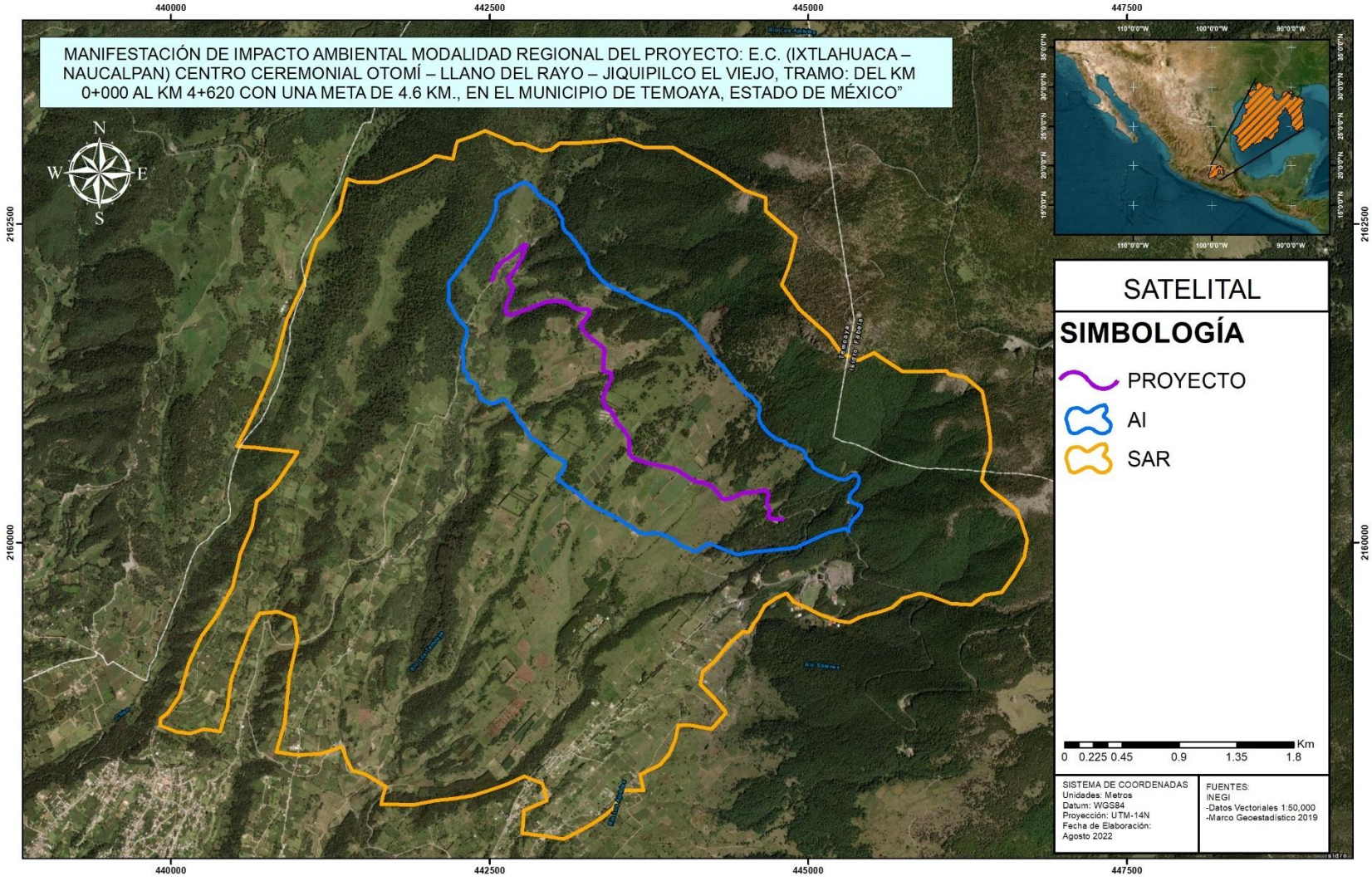
Tabla V. 22. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015).

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
BA	Bosque de oyamel	462.73	20.73%
BPQ	Bosque de pino-encino	240.87	10.79%
PI	Pastizal inducido	819.69	36.73%
TA	Agricultura de temporal anual	708.46	31.74%
Total		**2,231.75**	**100.00%**

Fuente: PIMEX, 2022.

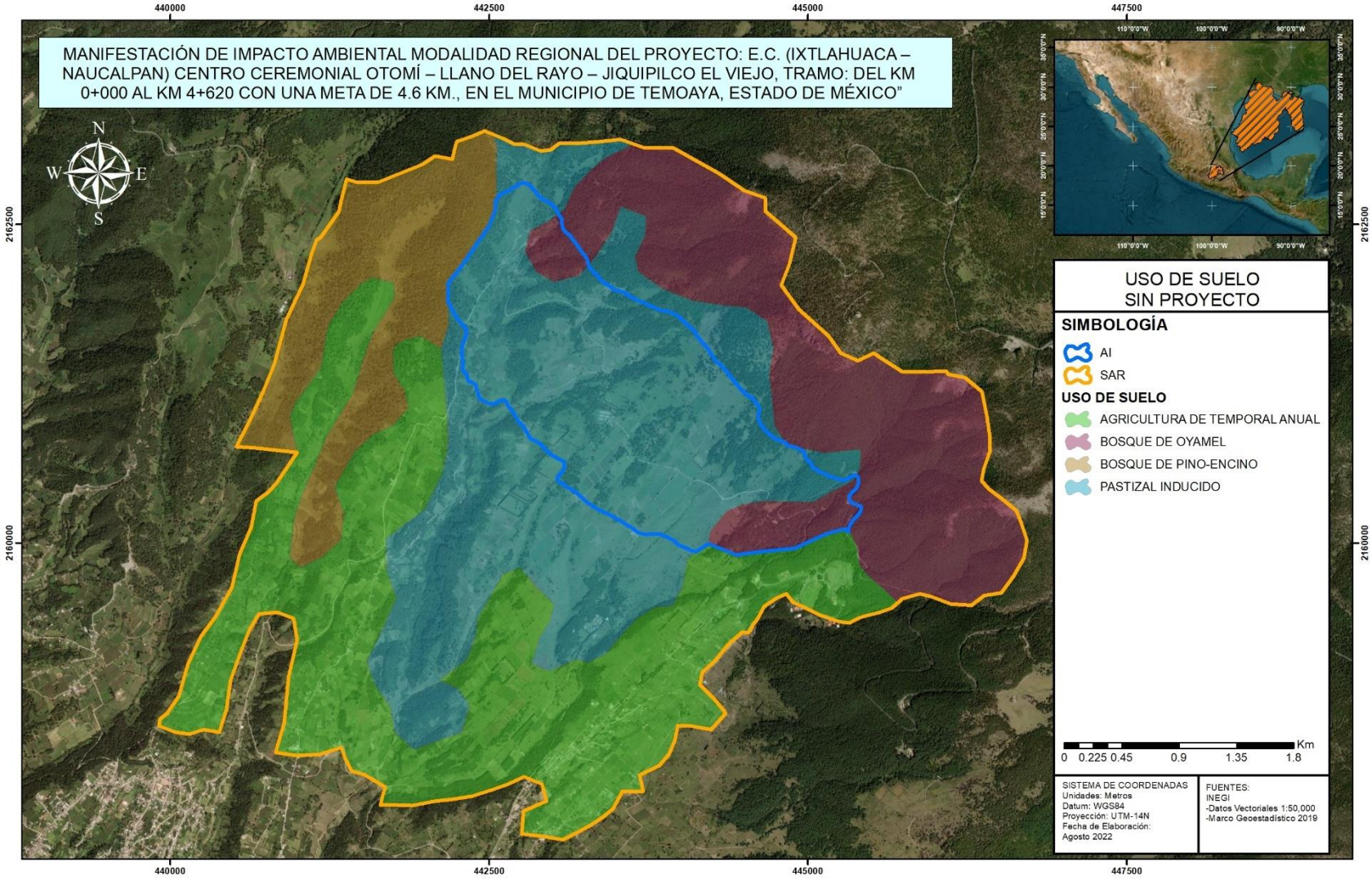
Para el presente análisis de fragmentación se tomará en cuenta la superficie del Sistema Ambiental Regional que ocupan los fragmentos de la vegetación primaria de bosque de coníferas, es decir el hábitat prevaleciente representa un importante 31.53% del total del SAR como parte del paisaje adecuado, es decir se trata de los fragmentos de hábitat prevalecientes en el cual el encuentro entre dos animales de la misma especie puede ocurrir. Ahora bien, el paisaje presenta fragmentación antropogénica causada principalmente por las actividades agropecuarias, seguido de los caminos existentes, como son brechas, y carreteras pavimentadas y de terracería que sirven de conexión entre las localidades rurales y urbanas de alrededores, mismas que incrementan la fragmentación del paisaje. Aunque también existe fragmentación natural por corrientes de agua intermitentes y perennes, aunque éstas son despreciables. El Sistema Ambiental presenta dos principales particiones antropogénicas del hábitat prevaleciente causada por la agricultura, otra por los pastizales inducidos con fines pecuarios y, finalmente, otra partición de los caminos y carreteras. En las siguientes imágenes se puede verificar el estado de fragmentación que prevalece en el Sistema Ambiental Regional:

Imagen V. 1. Paisaje existente sin usos de suelo y vegetación antes del ingreso del trazo del proyecto



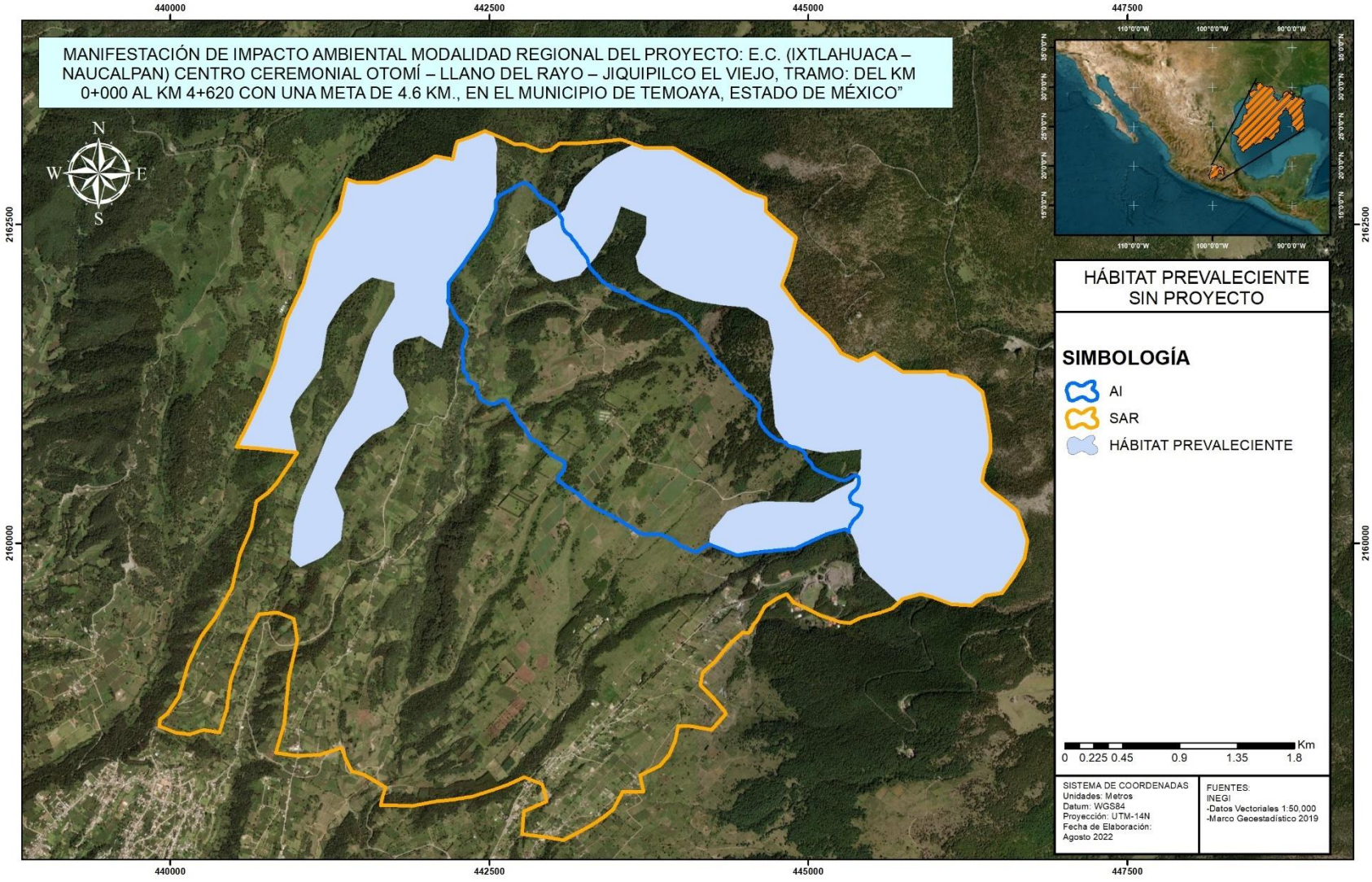
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 2. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación antes del ingreso del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 3. Hábitat prevaleciente Sin Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

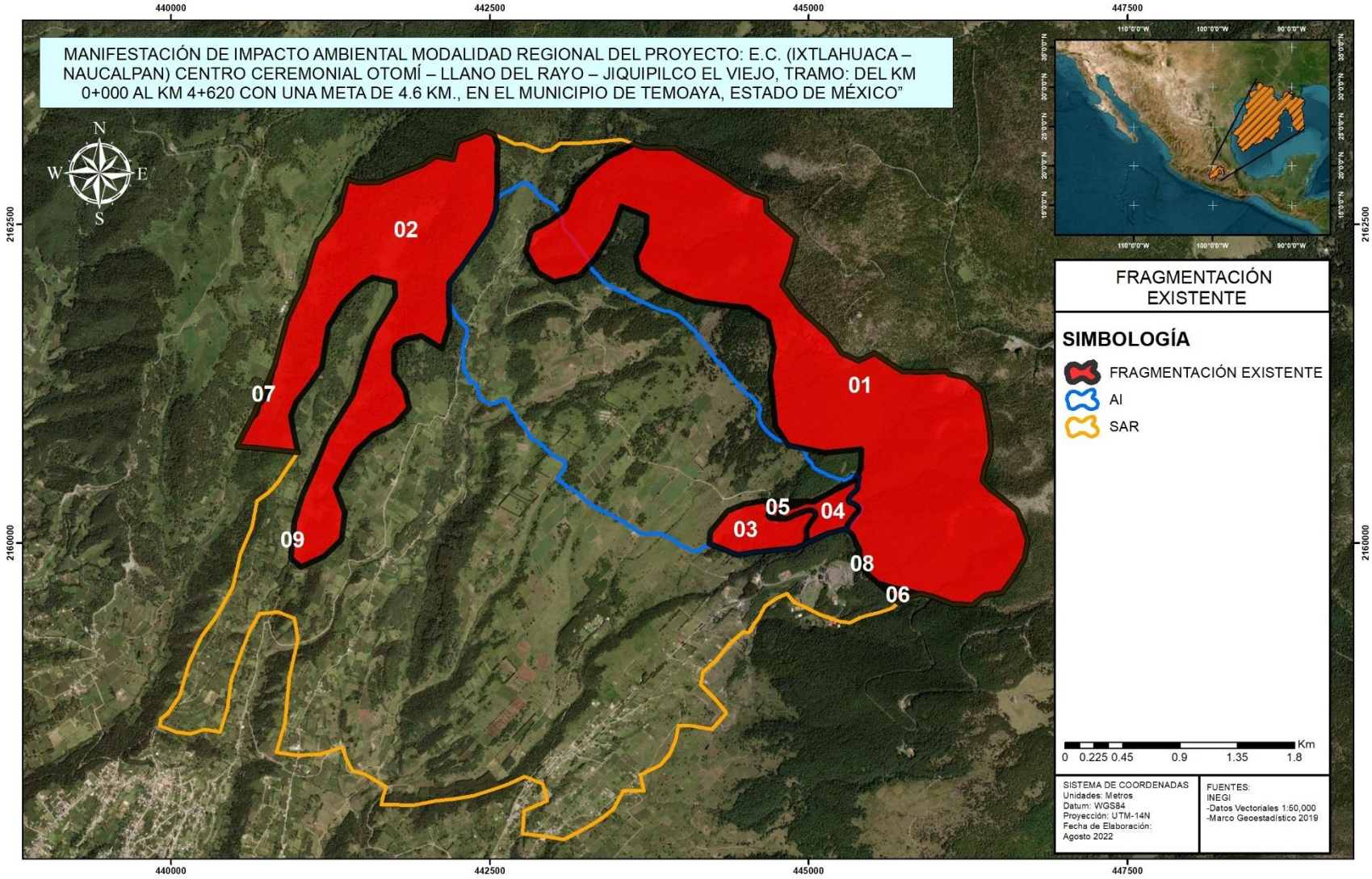
Una vez ingresados los elementos que fragmentan el paisaje dentro del Sistema Ambiental Regional, se obtienen un total de 09 fragmentos (referirse a la siguiente imagen). Para el presente análisis se escogieron las infraestructuras lineales (brechas, y carreteras pavimentadas y de terracería), en cuanto a los elementos de origen antropogénico que han fragmentado el paisaje en el transcurso del tiempo, amén de las amplias zonas agropecuarias. Es decir que en nuestro proyecto el bosque se presenta en casi la tercera parte de superficie en el SAR. Estos tipos de vegetación complementan el paisaje en el que se pueden encontrar dos animales de la misma especie, esto a sabiendas de que esto es prerrequisito para la persistencia de las poblaciones animales.

Fotografía V. 1. Fotografías del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 4. Fragmentación existente en el Sistema Ambiental Local antes del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Esto puede interpretarse como la probabilidad de dos animales de la misma especie, colocados en diferentes lugares en algún lugar de la región, de que puedan encontrarse entre sí, sin tener que cruzar una barrera tal como una carretera, área urbana, o un río principal. Por lo tanto, esto indica la habilidad de los animales de moverse libremente en el paisaje sin encontrarse con tales barreras. Si uno de los puntos (o ambos) se encuentra dentro de un elemento del paisaje fragmentado, por ejemplo, un área urbana, éste está separado de todos los demás puntos. Recordemos que esto es una condición previa para la sobrevivencia de una población.

De acuerdo con los datos obtenidos en el cálculo de las diferentes medidas de fragmentación se tiene un grado de coherencia de **47.90%**, es decir que la probabilidad de que dos animales de la misma especie colocados en áreas diferentes en algún lugar del bosque prevaleciente se encuentren sí dentro de algún fragmento de la vegetación natural es **mediano**, y por consiguiente se presenta un grado de división del paisaje **mediano** con el **52.10%**. Por otro lado, el fragmento que presenta mayor probabilidad de que el encuentro entre dos animales de la misma especie ocurra, es el fragmento 01 (superficie = 422.714 hectáreas) con el **36.09%**, localizado en el ala noreste; mientras que el fragmento con menor probabilidad es el fragmento 09, que presenta probabilidades muy cercanas a cero, en otras palabras, la conectividad en este fragmento es muy baja. En cuanto al ***tamaño efectivo de la malla*** es igual a **337.00 hectáreas**, lo cual nos sugiere que se presenta una probabilidad **mediana** de que dos puntos escogidos al azar en la zona estén conectados, sin estar separados por barreras tales como caminos de tipo brecha o carreteras de terracería o pavimentadas. Toda vez que el índice de división S (SPLI) nos arrojó lo siguiente el siguiente resultado: **2.09**, lo cual es igual a decir que se deben obtener 2.09 fragmentos si se divide el área total del paisaje entre el tamaño efectivo de la malla (**703.60 has/337.00 has**). En tanto que el número de "mallas" per-unidad de área está dado por la densidad de división de la malla: 0.0030/ha o lo que es más conveniente **3.0 mallas por cada 1000 ha** (lo cual es simplemente una cuestión de cuántas veces el tamaño efectivo de la malla encaja en un área de 1000 ha), mientras que el producto del tamaño efectivo de la malla, *m*, y el área total de la región, es decir el producto neto (N) es igual a **237,115.99 ha^2**. Todo esto se puede verificar en las siguientes tablas:

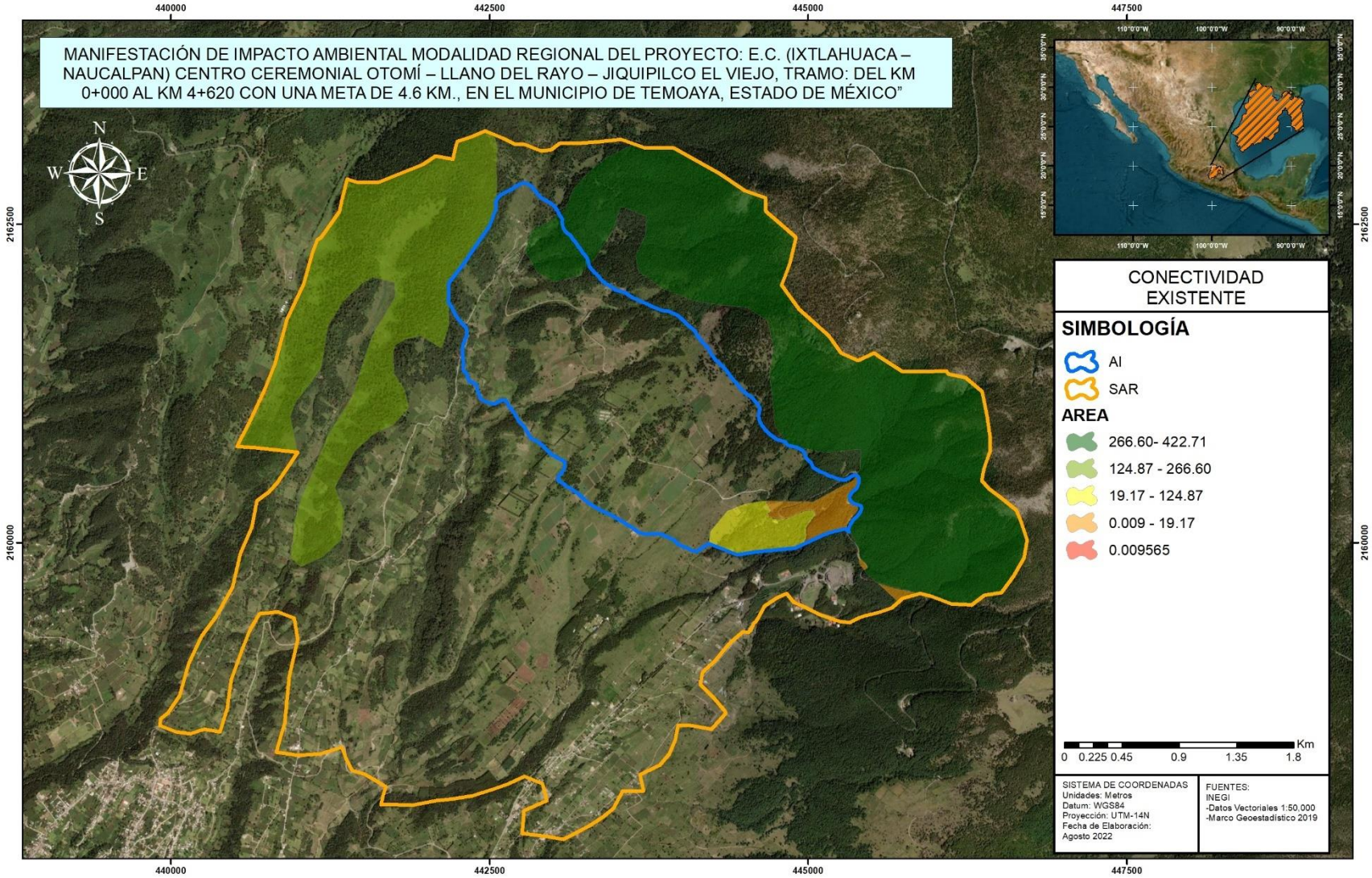
Tabla V. 23. Cálculo de las medidas de fragmentación del hábitat antes del proyecto.

FRAGMENTACIÓN EXISTENTE DENTRO DEL HÁBITAT PREVALECIENTE											
Fragmento número	Área por fragmento (ai) (ha)	Área total (at) (ha)	(ai/at)2	C Grado de coherencia %	D Grado de división del paisaje %	(ai)2	(at)2	S Índice de división	MSIZ Tamaño efectivo de la malla (ha)	s Densidad de división (1/ha)	N Producto neto (ha^2)
01	422.714	703.60	0.360943111	47.90%	52.10%	178,687.35	495,056.82	2.09	337.00	0.0030	237,115.99
02	240.250		0.116592485			57,719.91					
03	23.073		0.001075339			532.35					
04	13.020		0.000342442			169.53					
05	1.952		7.69823E-06			3.81					
06	1.587		5.08581E-06			2.52					
07	0.616		7.65306E-07			0.38					
08	0.382		2.94252E-07			0.15					
09	0.010		1.84806E-10			0.00					

Fuente: PIMEX, 2022.

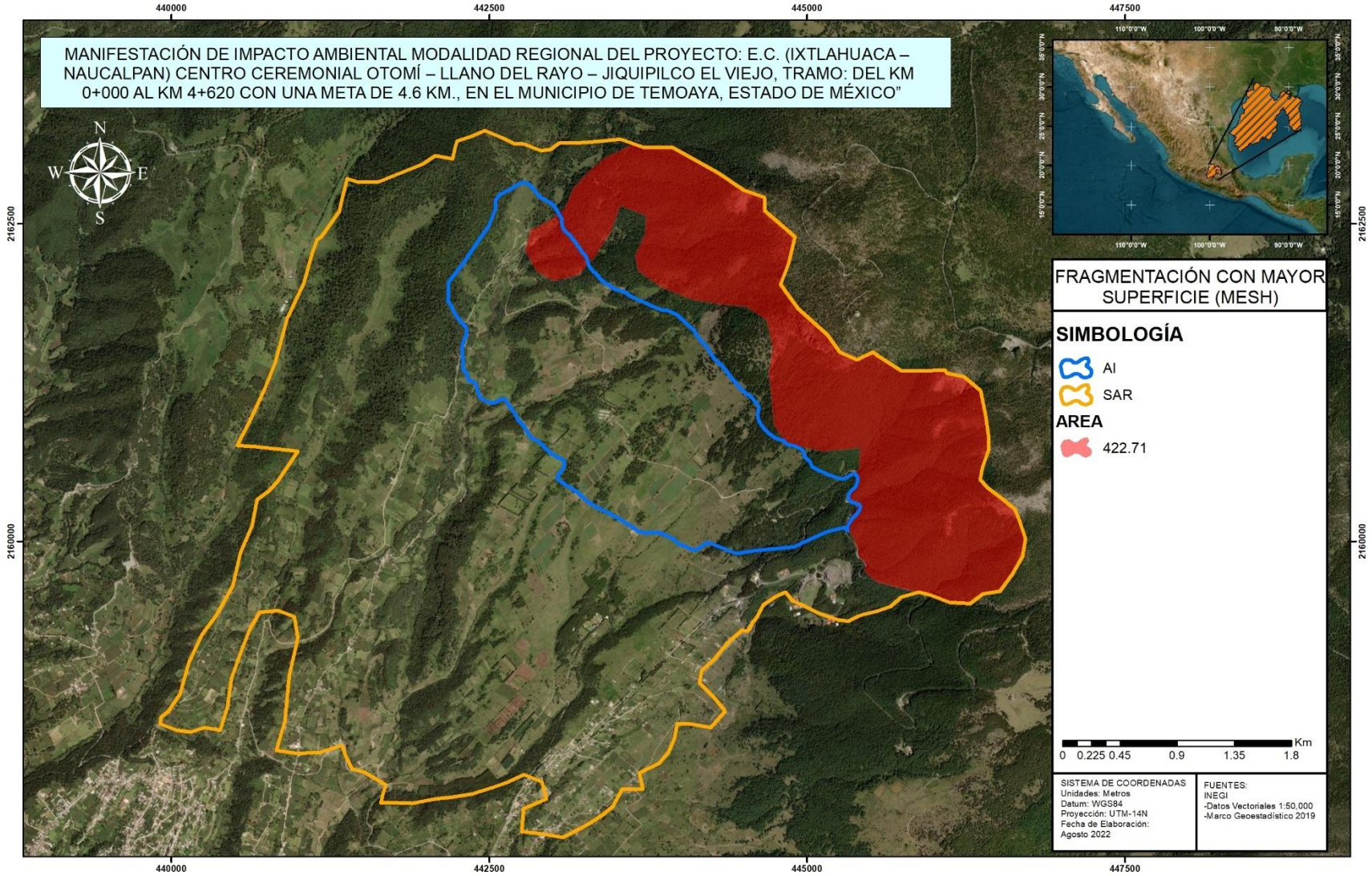
En la siguiente imagen se puede observar el nivel de conectividad que existe actualmente en el hábitat prevaleciente, donde el color rojo indica la menor conectividad y el color verde fuerte la mayor conectividad, la cual se presenta al noreste del Sistema Ambiental Regional. En la siguiente imagen se muestra el fragmento 01 que presenta la mayor superficie (422.714 hectáreas) y con menor fragmentación a causa de barreras antropogénicas, por lo tanto, presenta la mayor probabilidad de que entre dos animales de la misma especie ocurra en nuestro paisaje, es decir el 36.09% (fragmento 01), este mosaico se localiza en la parte noreste del Sistema Ambiental Región.

Imagen V. 5. Conectividad existente antes de ingresar el proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

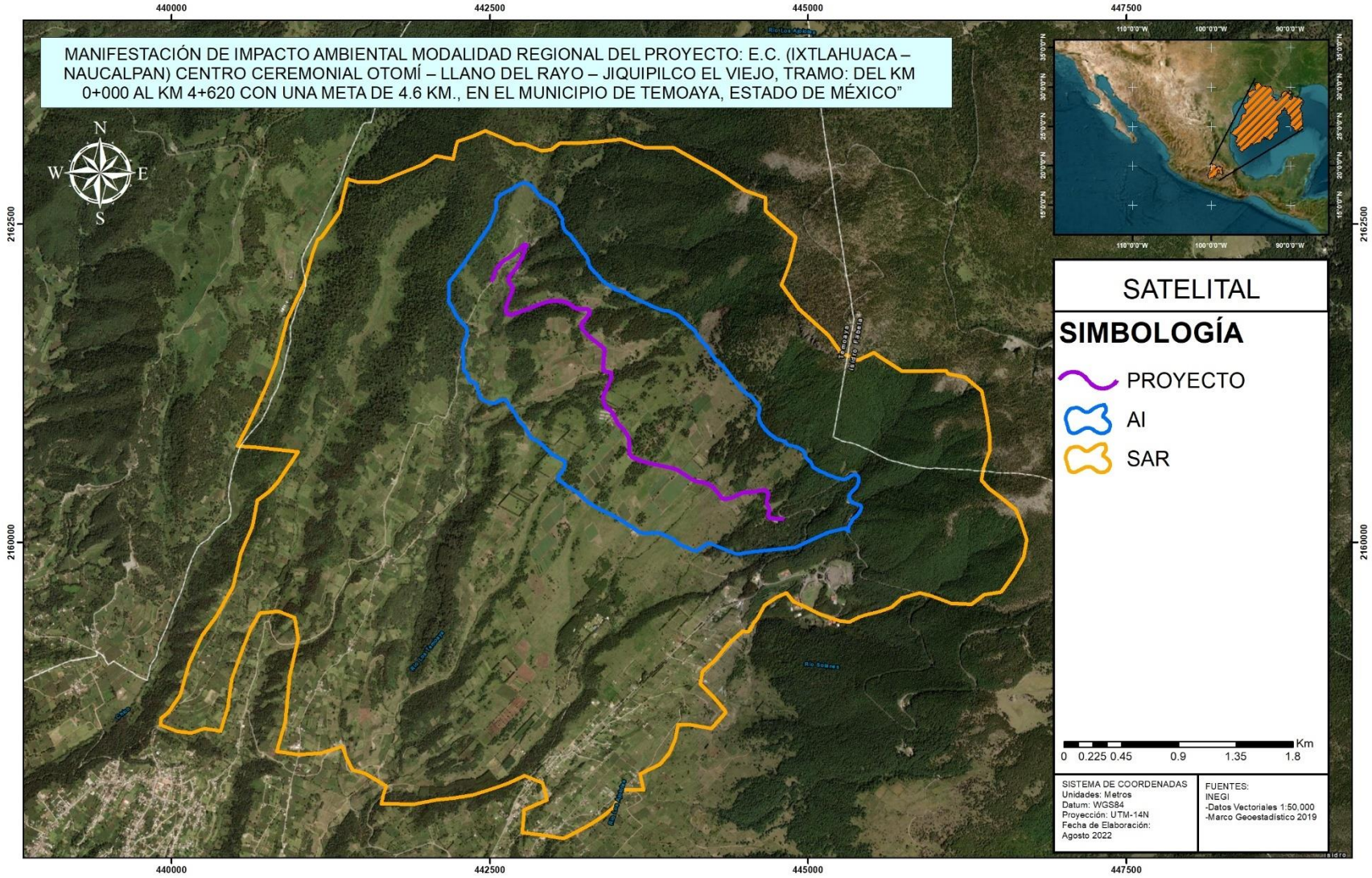
Imagen V. 6. Fragmento con el mayor valor de tamaño efectivo de la malla (mesh) antes de ingresar el proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

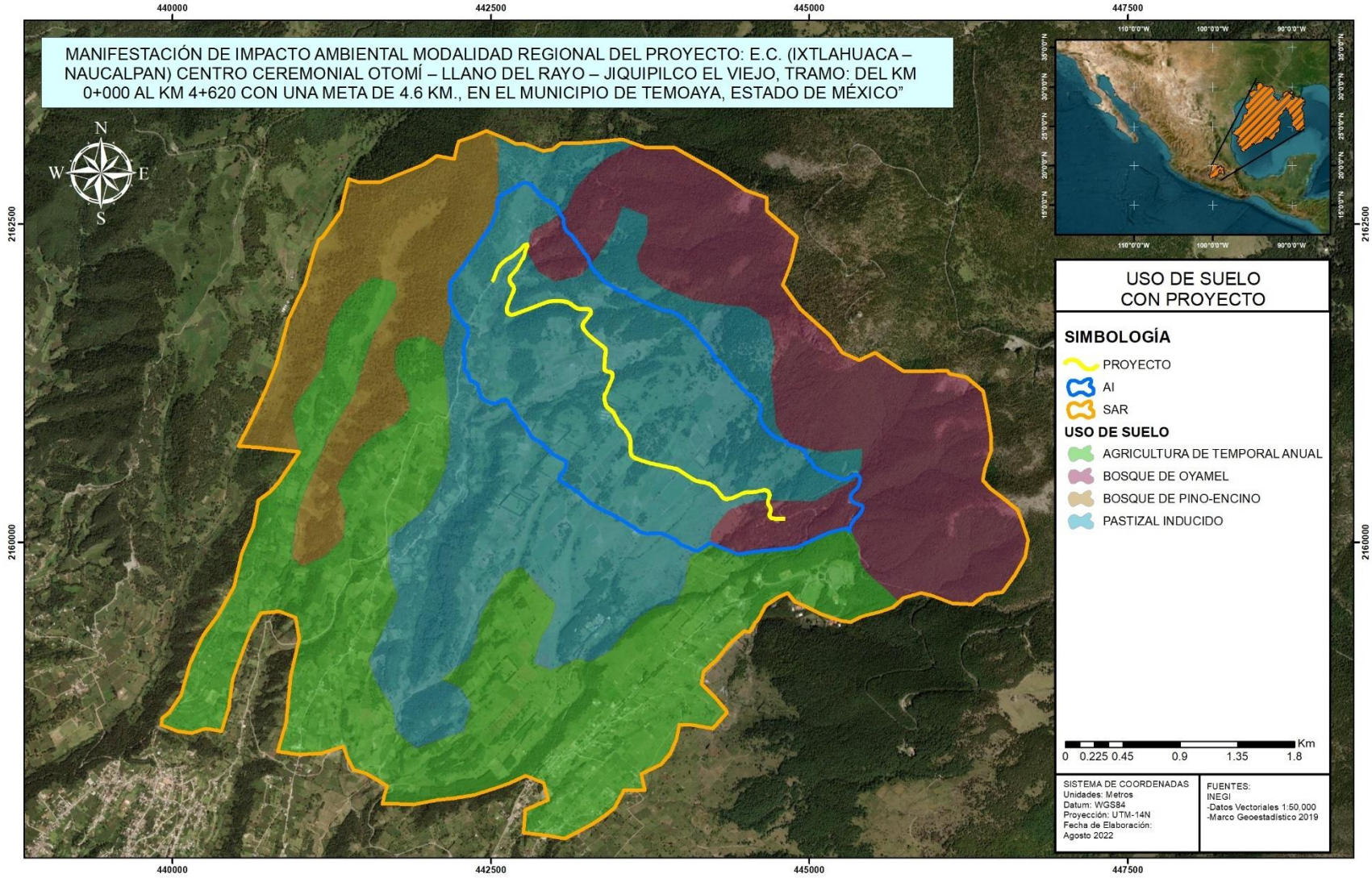
La siguiente figura muestra el trazo del proyecto una vez ingresado dentro del Sistema Ambiental Regional, recordemos que se trata únicamente de la modernización del camino existente de tipo terracería, es decir actualmente el trazo corresponde con una carretera de terracería. El proyecto correrá Km. 0+000 al Km. 4+620, con una meta de 4.6 Km.

Imagen V. 7. Condiciones actuales del Sistema Ambiental Local.



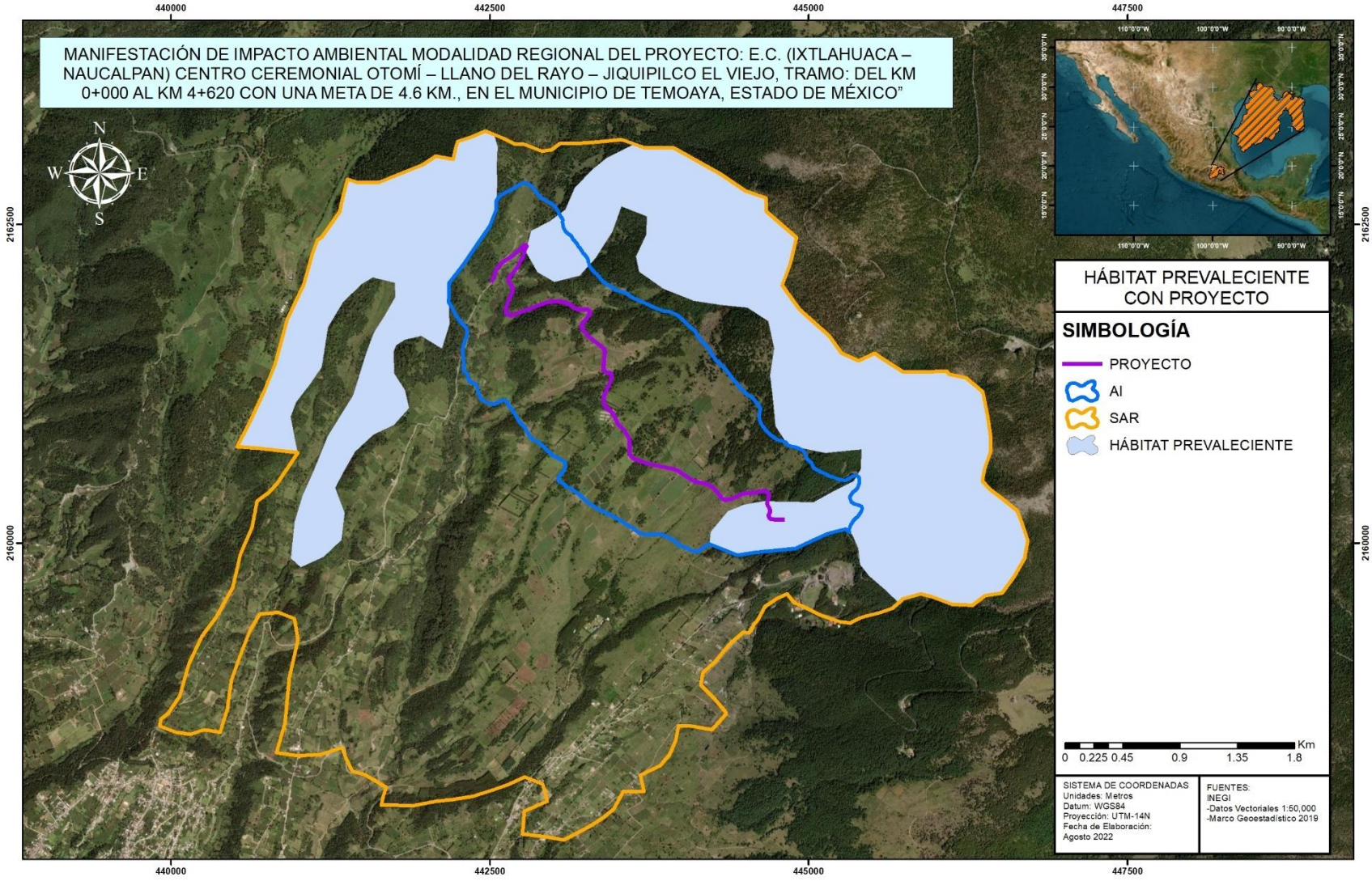
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 8. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación una vez ingresado el trazo del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 9. Hábitat prevaleciente con el trazo del proyecto.

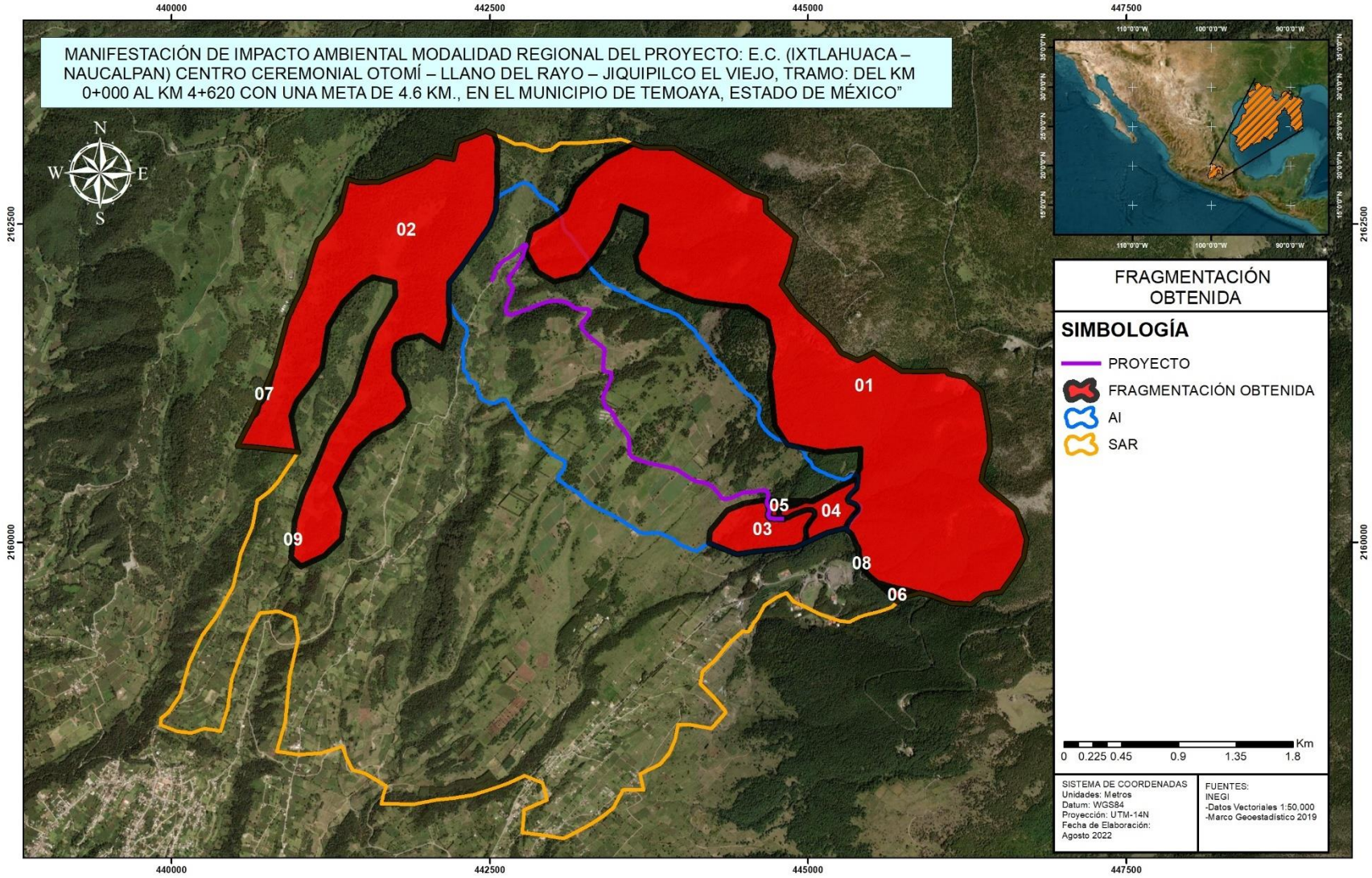


Fuente: PIMEX, 2022.

Una vez ingresado el proyecto se tiene un grado de coherencia de **47.89%,** es decir que la probabilidad de que dos animales de la misma especie colocados en áreas diferentes en algún lugar del hábitat prevaleciente se encuentren sí dentro de algún fragmento de la vegetación natural es **mediano**, y por consiguiente se presenta un grado de división del paisaje **medio** con el **52.11%,**. Por otro lado, el fragmento que presenta mayor probabilidad de que el encuentro entre dos animales de la misma especie ocurra, es el fragmento 01 (superficie = 422.709 hectáreas) con el **36.09%**, mientras que el fragmento con menor probabilidad es el fragmento 09, que presenta probabilidades muy cercanas a cero, en otras palabras, la conectividad en este fragmento es muy baja. En cuanto al ***tamaño efectivo de la malla*** es igual a **337.05 hectáreas**, lo cual nos sugiere que se presenta una probabilidad **media** de que dos puntos escogidos al azar en la zona estén conectados, sin estar separados por barreras tales como cualquier infraestructura lineal de tipo camino y/o carretera, amén del pastizal inducido y la agricultura.

Toda vez que el índice de división S (SPLI) nos arrojó lo siguiente el siguiente resultado: **2.09**, lo cual es igual a decir que se deben obtener 2.09 fragmentos si se divide el área total del paisaje entre el tamaño efectivo de la malla (**442.709 has/337.05 has**). En tanto que el número de "mallas" per-unidad de área está dado por la densidad de división de la malla: 0.0030/ha o lo que es más conveniente **3.0 mallas por cada 1000 ha** (lo cual es simplemente una cuestión de cuántas veces el tamaño efectivo de la malla encaja en un área de 1000 ha), mientras que el producto del tamaño efectivo de la malla, *m*, y el área total de la región, es decir el producto neto (N) es igual a **237,106.92 ha^2**. Esto se puede corroborar en la siguiente imagen y tabla:

Imagen V. 10. Fragmentación obtenida una vez ingresado el proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

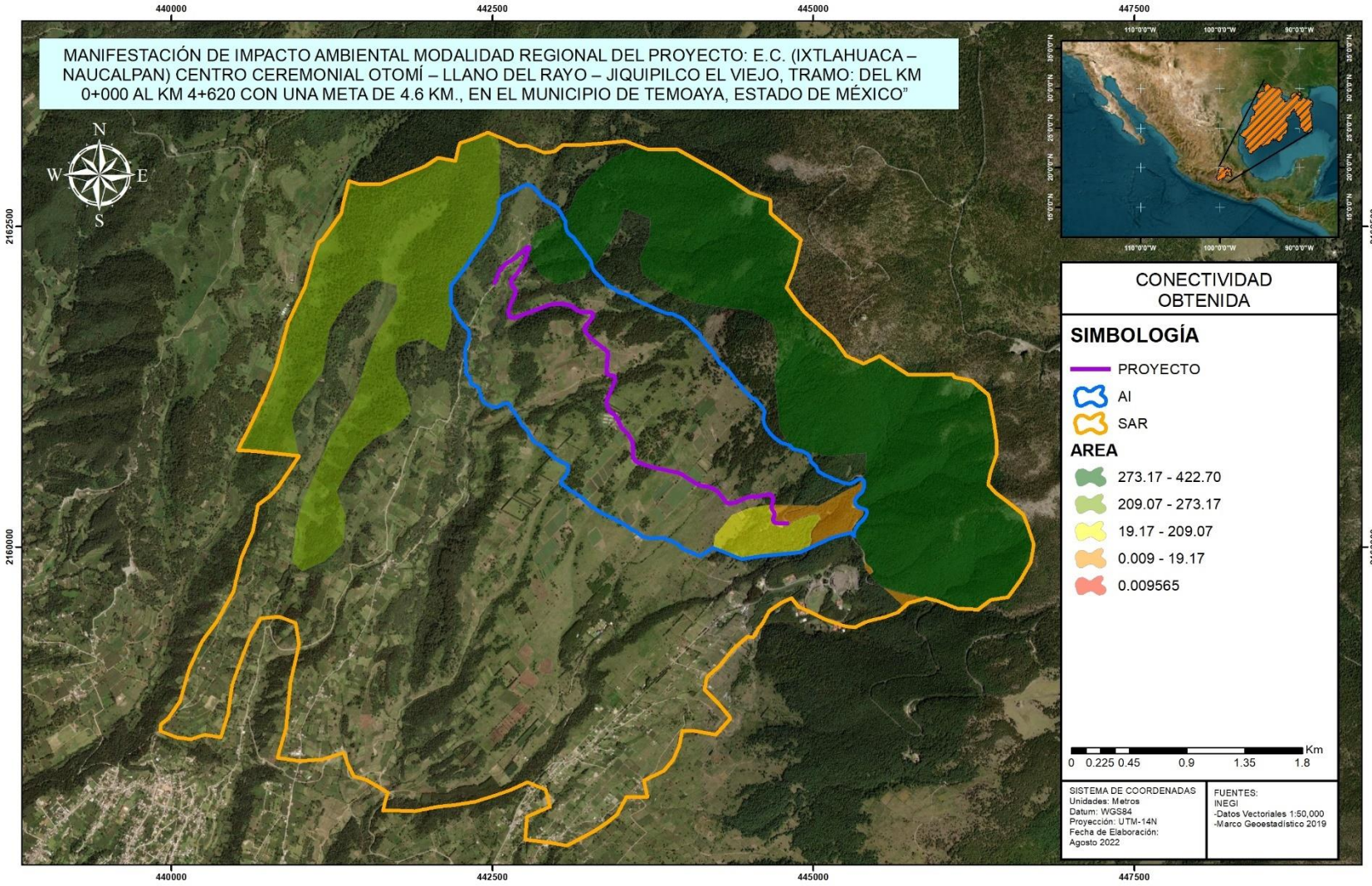
Tabla V. 24. Cálculo de las medidas de fragmentación del paisaje una vez ingresado el trazo del proyecto.

FRAGMENTACIÓN OBTENIDA DENTRO DEL HÁBITAT PREVALECIENTE											
Fragmento número	Área por fragmento (ai) (ha)	Área total (at) (ha)	(ai/at)2	C Grado de coherencia %	D Grado de división del paisaje %	$(ai)^2$	$(at)^2$	S Índice de división	MSIZ Tamaño efectivo de la malla (ha)	s Densidad de división (1/ha)	N Producto neto (ha^2)
01	422.709	703.48	0.360933912	47.89%	52.11%	178,682.80	494,888.40	2.09	337.05	0.0030	237,106.92
02	240.250		0.116592485			57,719.91					
03	22.976		0.001066363			527.91					
04	13.020		0.000342442			169.53					
05	1.934		7.55841E-06			3.74					
06	1.587		5.08581E-06			2.52					
07	0.616		7.65308E-07			0.38					
08	0.382		2.94252E-07			0.15					
09	0.010		1.84806E-10			0.00					

Fuente: PIMEX, 2022.

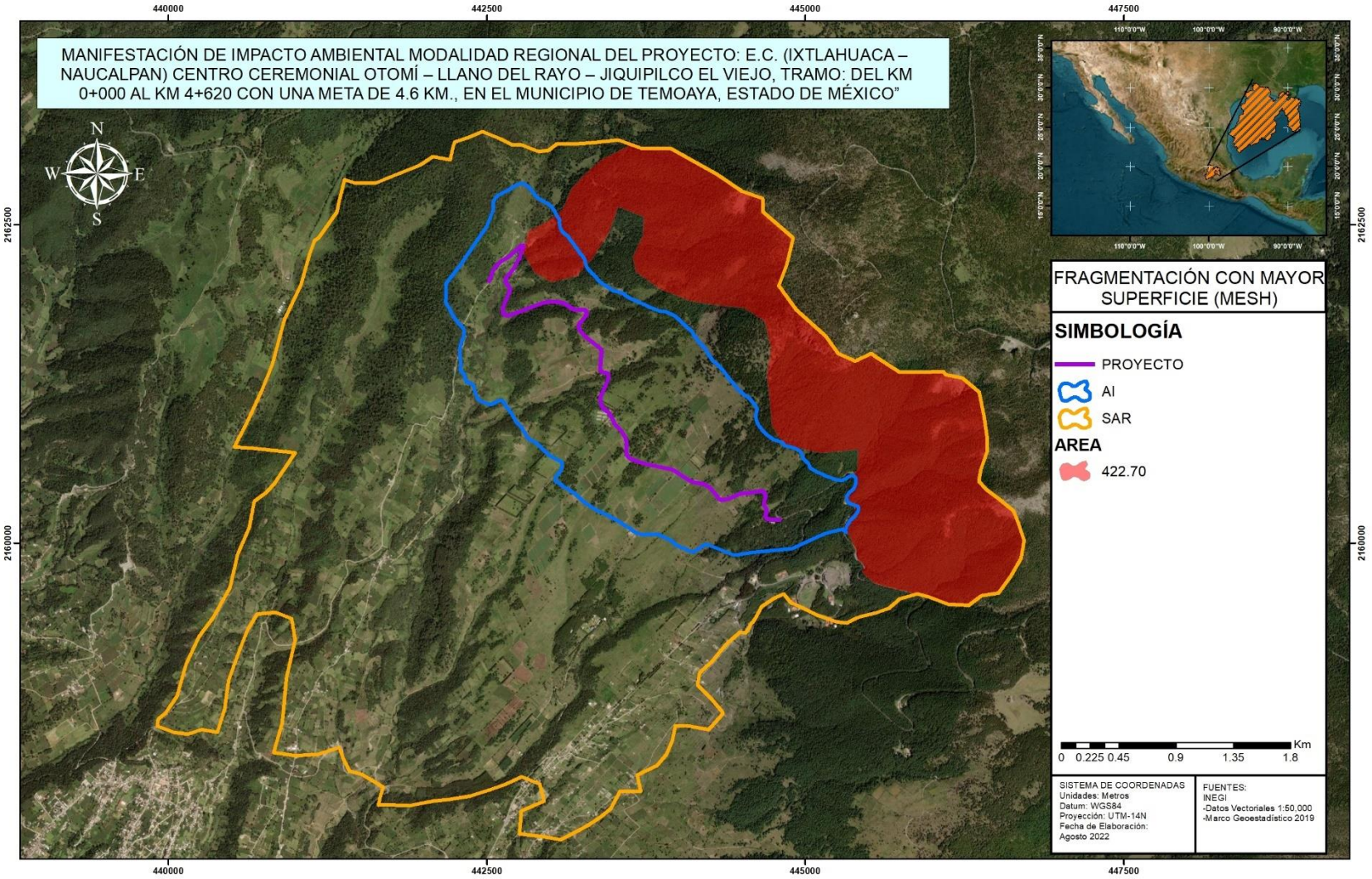
En el primer mapa se puede observar el nivel de conectividad obtenido una vez ingresado el trazo del proyecto, en el que se aprecia la misma conectividad en el hábitat prevaleciente. En la subsecuente imagen se muestra el fragmento que presenta el mayor valor del tamaño efectivo de la malla, es decir el fragmento que contiene mayores probabilidades de que el encuentro entre dos animales de la misma especie ocurra (fragmento 01):

Imagen V. 11. Conectividad obtenida una vez ingresado el proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 12. Fragmento con mayor valor de tamaño efectivo de la malla una vez ingresado el proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

La siguiente tabla nos muestra las condiciones de fragmentación que imperan en el Sistema Ambiental Regional antes del proyecto, y la fragmentación que se genera por el ingreso del trazo del proyecto. En ella podemos atisbar que, el grado de coherencia permanece prácticamente constante, es decir se pasa del **47.90%** al **47.89%**, es decir que la probabilidad de que dos animales de la misma especie colocados en áreas diferentes en algún lugar en la región de investigación puedan encontrarse entre sí es más baja de lo que era antes del proyecto. Esto es igual a decir que la conectividad en el ecosistema disminuye al ingresar el proyecto, pero **no de manera considerable**. En lo que respecta al grado de división del paisaje (D) aumenta una vez ingresado el proyecto, en otras palabras, la probabilidad de que dos lugares escogidos estocásticamente en el paisaje bajo investigación *no* estén situados en la misma área no seccionada permanece prácticamente constante. Para el caso del tamaño efectivo de la malla (**msiz**) pasa de **337.00 hectáreas** a **337.05 hectáreas**. Lo mismo ocurre con el resto de las medidas de fragmentación, lo cual obedece a que se trata de la modernización del camino existente, pero que no aumentarán la fragmentación existente en los fragmentos de hábitat prevalecientes de bosque de coníferas.

Tabla V. 25. Comparación de las medidas de fragmentación del SAR antes del trazo del proyecto y una vez ingresado el mismo

HÁBITAT PREVALECIENTE DE BOSQUE DE CONÍFERAS	Número de fragmentos obtenidos	C Grado de coherencia %	D Grado de división del paisaje %	S Índice de división	msiz Tamaño efectivo de la malla (ha)	s Densidad de división (1/ha)	N Producto neto (ha^2)
Antes del ingreso del trazo del proyecto	9	47.90%	52.10%	2.09	337.00	0.0030	237,115.99
Una vez ingresado el trazo del proyecto	9	47.89%	52.11%	2.09	337.05	0.0030	237,106.92

Fuente: PIMEX, 2022.

En lo que se refiere al Área de Influencia tenemos que, éste presenta un menor grado de división del paisaje comparado con el SAR, específicamente el AI tiene un grado de coherencia antes del proyecto igual a **32.87 %**, y un grado de coherencia después de ingresado el trazo igual a **32.71%** es decir que la probabilidad de que dos animales de la misma especie colocados en áreas diferentes en algún lugar del bosque prevaleciente se encuentren sí dentro de algún fragmento de la vegetación natural es **bajo**, y por consiguiente se presenta un grado de división del paisaje antes del proyecto **alto** con el **67.13%**, y una vez ingresado el proyecto se tiene un **67.29%**; es decir la división del paisaje aumenta un 0.16%. Esto es igual a decir que la conectividad en el ecosistema disminuye al ingresar el proyecto, pero **no de manera considerable**. En cuanto al ***tamaño efectivo de la malla*** antes del ingreso del trazo es igual a **18.00 hectáreas** y **17.95 hectáreas** una vez ingresado éste, lo cual nos sugiere que se presenta una probabilidad **baja** de que dos puntos escogidos al azar en la zona estén conectados, sin estar separados por barreras tales como caminos de tipo brecha o carreteras de terracería o zonas agropecuarias en ambos casos. Toda vez que el índice de división S (SPLI) nos arrojó lo siguiente el siguiente resultado antes del proyecto: **3.04**, y **3.04** también una vez ingresado el proyecto en la modelación. En tanto que el número de "mallas" per unidad de área está dado por la densidad de división de la malla antes del proyecto: 0.0556/ha o lo que es más conveniente **55.6 mallas por cada 1000** y después del proyecto **55.7 mallas por cada 1000**, mientras que el producto del tamaño efectivo de la malla, *m*, y el área total de la región, es decir el producto neto (N) es igual a **985.64 ha^2** antes del proyecto, y después **980.95 ha^2**, lo cual obedece a que se trata de la modernización del camino existente, pero que no aumentarán la fragmentación existente en los fragmentos de hábitat prevalecientes de bosque de coníferas. Los datos del análisis generado para el AI se pueden observar y corroborar en la siguiente tabla:

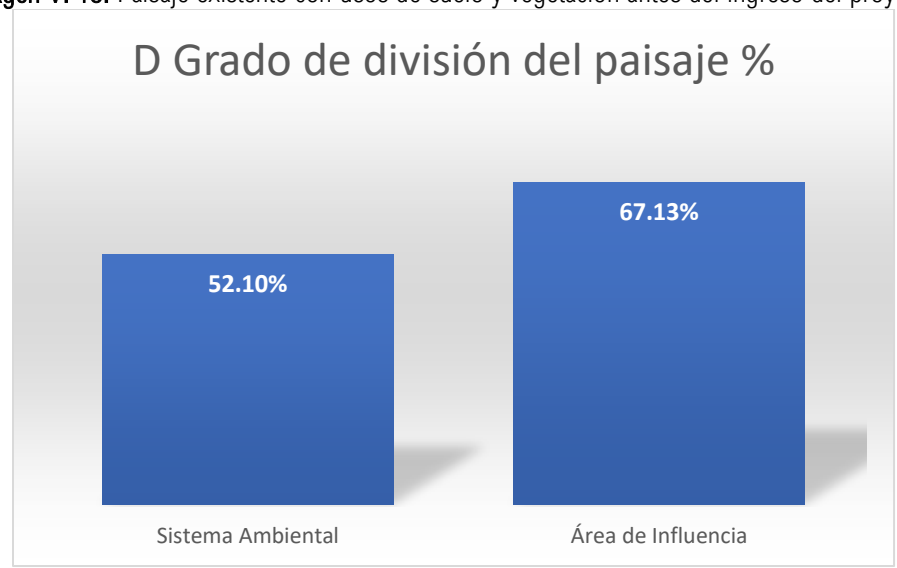
Tabla V. 26. Comparación de las medidas de fragmentación antes del trazo del proyecto y una vez ingresado el mismo.

HÁBITAT PREVALECIENTE DE BOSQUE DE CONÍFERAS	Número de fragmentos obtenidos	C Grado de coherencia %	D Grado de división del paisaje %	S Índice de división	msiz Tamaño efectivo de la malla (ha)	s Densidad de división (1/ha)	N Producto neto (ha^2)
Antes del ingreso del trazo del proyecto	4	32.87%	67.13%	3.04	18.00	0.0556	985.64
Una vez ingresado el trazo del proyecto	4	32.71%	67.29%	3.04	17.95	0.0557	980.95

Fuente: PIMEX, 2022.

El objetivo de ponderar la fragmentación del paisaje existente en el Sistema Ambiental Regional y en el Área de Influencia antes del proyecto y evaluar nuevamente con el ingreso del proyecto es, para profundizar en los procesos ecológicos asociados a los movimientos de las especies, tales como forrajeo, dispersión, conectividad genética, y dinámica de poblaciones. Por último, se concluye que el SAR presenta un **mediano grado de división del paisaje** en el mosaico prevaleciente de bosque de coníferas, aunque se presenta mayor fragmentación en el AI con respecto al SAR, en ambos casos causado principalmente por las zonas agropecuarias, los caminos, los trazos carreteros existentes de terracería, dichos elementos se ha demostrado que impiden el libre tránsito de las especies animales a lo largo y ancho del lugar. Como podemos observar en los resultados obtenidos no existe cambio más significativo alguno producido por la modernización una vez ingresada a la modelación, toda vez que el trazo seccionará más el hábitat existente, sin embargo, el impacto se dará en las partes cercanas al trazo carretera de tipo terracería existente. Cabe señalar que las obras de drenaje existentes aumentan la conectividad, ya que éstas pueden servir como pasos de fauna, amén de las medidas de prevención y/o mitigaciones implementadas, es decir reducirán considerablemente el impacto causado por el ingreso del proyecto propuesto.

Imagen V. 13. Paisaje existente con usos de suelo y vegetación antes del ingreso del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Fotografía V. 2. Vista de la carretera de terracería existente.



Fuente: PIMEX, 2022.

Fotografía V. 3. Obras de drenaje existentes.



En las fotografías se puede observar un punto de drenaje sobre el trazo del proyecto, dicho cauce se encuentra en el punto 442693.4286, 2162139.091 y corresponde al cauce perenne 01.

Fuente: PIMEX, 2022.

V.2.1. INDICADORES DE IMPACTO.

Para determinar si alguna de las acciones que están asociadas al proyecto generará un impacto sobre algún elemento constitutivo del ambiente, es necesario establecer los elementos que pudieran resultar afectados. A esos elementos del ambiente que son sensibles a la acción ejercida por diferentes agentes de cambio se les denomina indicadores ambientales.

INDICADORES DE IMPACTO.

A continuación, se presenta una serie de índices cuantitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia de la integración del proyecto, donde se ha considerado incluir aquellos que puedan ser representativos, relevantes, medibles y de fácil identificación y seguimiento. Por otra parte, y dado que estos indicadores de impacto varían a lo largo del tiempo, de acuerdo con la etapa en que se encuentra, se presentan para cada fase del proyecto la factibilidad de su aplicación, cuyo nivel de detalle y cuantificación se irán evaluando, analizando y atendiendo con la medida de mitigación respectiva, al momento del desarrollo del proyecto.

Tabla V. 27. Índices Cuantitativos para el seguimiento de los impactos ambientales.

FACTOR AMBIENTAL ATENDIDO	INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL	ETAPA			
		PREPARACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Relieve e Inestabilidad	Superficie afectada de la geomorfología	X			
Vegetación y Hábitat	Superficie afectada por tipo de cobertura vegetal	X			X
	Volumen reincorporado al suelo como sustrato	X			
	Numero de organismos propagados		X	X	X
	Supervivencia de organismos sembrados			X	X
	Superficie rehabilitada con vegetación local.		X	X	X
Fauna	Número de organismos reubicados	X	X		X
	Numero de madrigueras o nidos rescatados y reubicados.	X	X		X
	Número de cursos de educación y .capacitación ambiental	X	X	X	
Suelo	Volumen de suelo almacenado y reutilizado	X	X		
Hidrología Superficial	Numero de eventos que modificaron la calidad del agua superficial	X	X		
	Volumen de partículas sólidas incorporadas a los cauces	X	X		
	Calidad del Agua				X
Seguridad en el transporte	Número de accidentes ocurridos en la carretera y lugar de incidencia				X
Seguridad e higiene en el trabajo	Número de accidentes laborales por actividad	X	X		

Fuente: PIMEX, 2022.

Como se observa en el cuadro anterior, los Indicadores de Impacto Ambiental seleccionados cubren todos los factores ambientales que se identificaron como susceptibles de sufrir algún tipo de afectación, lo cual permite un monitoreo, valoración y atención a la calidad ambiental de los diferentes atributos y en consecuencia, tener presente la necesidad de dar cumplimiento a las medidas de mitigación precisas para atender y compensar las modificaciones negativas que habrán de ocurrir por la realización del proyecto. Cabe destacar que los principales indicadores de impacto deben ser atendidos durante la Etapa de Preparación del sitio y en segunda jerarquía durante la etapa de Construcción del proyecto. A continuación, se presentan los elementos ambientales del Sistema Ambiental Regional que fueron considerados como sensibles a la presencia de alguna actividad o condición derivada de la ejecución del proyecto y una breve descripción de estos.

Tabla V. 28. Identificación y descripción de los elementos ambientales que pueden resultar afectados por el proyecto.

FACTOR AMBIENTAL DEL SAR	ELEMENTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
Suelo	Características físicas y químicas	Se considera las modificaciones del pH, granulométrica, composición química, etc.
	Grado de erosión	Desgaste de este por las actividades del proyecto; influyendo en su estabilidad en el área de estudio.
Atmósfera	Calidad del Aire	Se evaluaron en función de la emisión de gases o partículas a lo largo del desarrollo del proyecto.
	Generación de Ruido	Niveles de ruido asociados a cada actividad.
Hidrología Superficial	Calidad del Agua	Variación en la calidad del agua en el área de estudio debido a actividades del proyecto, así como el cambio que pudiera presentarse en los usos actuales al agua disponible en el área de estudio y en el patrón de drenaje existente.
	Usos	
	Patrón de drenaje	
Hidrología Subterránea	Calidad del agua	Se considera la afectación en la calidad del agua existente y el grado de disponibilidad del recurso en función de las diferentes actividades desarrolladas durante las fases del proyecto.
	Disponibilidad del recurso	
Geomorfología	Modificación del relieve	Se evalúan las modificaciones que pudieran sufrir las formas originales que presenta el relieve dentro del área de estudio (modificación del relieve).
Flora	Cobertura vegetal	Magnitud de la superficie cubierta por vegetación.

FACTOR AMBIENTAL DEL SAR	ELEMENTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
	Diversidad de especies	El número de especies vegetales diferentes presentes dentro del Sistema Ambiental.
	Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	La existencia de especies vegetales que se encuentren bajo algún estatus de protección especial de acuerdo con esta norma o con alguna disposición internacional, dentro del área de estudio y que pudieran ser afectadas por el desarrollo de las actividades del proyecto.
Fauna terrestre	Patrones de distribución	Las afectaciones que pudieran sufrir alguna modificación de los patrones de distribución de las especies de fauna presentes en el área de estudio y las modificaciones sufrir la abundancia y diversidad de la fauna.
	Abundancia y Diversidad.	

Fuente: PIMEX, 2022.

LISTA INDICATIVA DE INDICADORES DE IMPACTO.

En el siguiente cuadro, se detallan los indicadores de impacto ambiental enunciados para el proyecto, incluyendo la forma de evaluación, así como el comportamiento del indicador a lo largo del tiempo.

Tabla V. 29. Cuantificación y seguimiento de los indicadores de Impacto ambiental.

INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN
Superficie afectada por tipo de cobertura vegetal.	Cuantificar el número de organismos y posteriormente cuantificar la superficie final afectada por las actividades del proyecto.
Volumen de restos de vegetación triturada y reincorporada al suelo como sustrato.	Estimar el volumen de restos de vegetación triturada y adicionada al suelo recuperado, lo cual da como resultado el volumen final reutilizado.
Numero de organismos vegetales propagados.	Considerar el número de especies protegidas o endémicas propagadas, ya sea mediante su propagación vegetativa u otro tipo de germoplasma.
Supervivencia de organismos sembrados.	Desarrollar campañas de revegetación en diferentes espacios, en las áreas verdes o terrenos en recuperación, o de interés ecológico y cuantificar el número de organismos sembrados y tasa de sobrevivencia.
Superficie rehabilitada con vegetación local.	Estimar la superficie rehabilitada por la incorporación de vegetación local de interés.
Número de organismos reubicados	Cuantificar el número de organismos de especies endémicas o de interés ecológico, que son reubicados a lo largo del proceso de desarrollo y establecimiento del proyecto.
Madrigueras o nidos rescatados y reubicados.	Cuantificar el número de madrigueras o nidos rescatados y que son reubicados a lo largo del proceso de desarrollo y establecimiento del proyecto.
Cursos de educación y capacitación ambiental	Número de cursos de educación y capacitación ambiental ofrecidos a la población local y trabajadores de la empresa constructora.
Volumen de suelo almacenado y reutilizado	Cuantificar el volumen de suelo retirado y almacenado, para ser utilizado en la recuperación ecológica, ya sea espacios afectados o en otros terrenos de interés particular de la población, incluso en bancos de materiales o como cobertura del relleno sanitario municipal.
Numero de eventos que modificaron la calidad del agua superficial	Realizar estudios conforme a la normatividad aplicable.
Número de accidentes laborales por actividad	Llevar periódicamente un registro pormenorizado de los accidentes e incidentes laborales derivados de todas las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Fuente: PIMEX, 2022.

V.3. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.

El análisis de los impactos ambientales para el presente proyecto se basa en criterios que se acuerdan entre los especialistas participantes, basados en los siguientes diez criterios, incluyendo el criterio de Naturaleza, esto es si el impacto es Negativo o Positivo, los cuales se detallan en la siguiente tipificación de los impactos ambientales a considerar dentro de las matrices de ponderación del proyecto:

Tabla V. 30. Lista indicativa de criterios utilizados.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN.
Naturaleza. -	Carácter de beneficioso o perjudicial Signo “+” o “-“. Se utiliza el signo "-" para identificar un impacto perjudicial (negativo) y el signo "+", o la ausencia de signo para identificar un impacto benéfico (positivo). Impacto positivo (+) es aquél admitido como tal por el evaluador, en el contexto de un análisis completo de las afectaciones y beneficios generados y de los aspectos externos de la actuación contemplada. Impacto negativo (-) es aquél cuyo efecto se traduce en pérdida de valor natural, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, erosión y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y funcionalidad de una zona determinada.
Intensidad. -	Se refiere al grado de incidencia de la acción o actividad sobre el factor ambiental, en el ámbito específico de actuación. La escala de valores es de 0 y 2, donde 2 expresará destrucción total del factor en el área en que se produce el efecto y el 1 una afectación media y 0 una afectación mínima.
Extensión. -	Es el área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área respecto al entorno, donde se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, el impacto tiene un carácter Puntual 0. Si el efecto no tiene una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada, el valor es 2; considerar situaciones intermedias, como impacto parcial y extenso 1. En el caso de que el efecto sea puntual, pero se produzca en un lugar crítico (como la descarga de aguas residuales y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano, etc.) se le atribuirá un valor y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas de mitigación, se recomienda buscar otra alternativa al proyecto, anulando este impacto.
Momento. -	El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo transcurrido entre la ejecución de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato y si es inferior a un año, corto plazo, asignando un valor 0; si el periodo transcurrido va de 1 a 5 años, el momento se considera de mediano plazo con un valor 1 y si el efecto tarda en manifestarse más de cinco años, se considera de largo plazo, asignando valor de 2.
Persistencia. -	Es el tiempo de permanencia del efecto desde su aparición y a partir del cual el efecto retornaría a sus condiciones originales por medios naturales, o mediante la acción de medidas de mitigación. Si la permanece durante menos de un año, se considera un efecto fugaz, tiene un valor 0. Si dura entre 1 y 10 años se considera temporal 1 y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, se considera permanente, con valor de 2. La persistencia es independiente de la reversibilidad.
Reversibilidad. -	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción o recomposición del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medios naturales una vez que la acción ha dejado de actuar. Si esto sucede a corto plazo, se le asigna un valor de 0. Los intervalos de tiempo comprendidos si es reversible entre 1 y 10 años se le asignan el valor de 1 y si el efecto tarda en regresar a sus condiciones naturales con una duración superior a los 10 años o no regresa a sus condiciones originales, se considera el efecto como irreversible, teniendo un valor de 2.
Recuperabilidad. -	Es la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introduciendo medidas correctivas o de mitigación) y por lo tanto siempre tendrá una naturaleza benéfica. Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor 0 según sea de corto o mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, tomando un valor de 1. Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la acción humana) se le asigna un valor 2. En el caso de ser irrecuperable, pero con posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor asignado será 2.
Sinergia. -	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos o impactos singulares o aislados. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el valor es 0. Si presenta un sinergismo moderado se le asigna un valor de 1 y si es altamente sinérgico un valor de 2. En casos de debilitamiento del atributo ambiental, la valoración del efecto tiene valores negativos, incrementando la importancia del impacto.
Acumulación. -	Bajo este criterio se evalúa al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de manera continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como 0, Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a 2, un efecto acumulativo incipiente o que existe una cierta posibilidad de ocurrencia tendrá un valor de 1.
Efecto. -	Se refiere a la relación causa-efecto, o sea, la forma de manifestación del efecto sobre un factor a consecuencia de la acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la acción es una consecuencia directa. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario y tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando como una acción de segundo orden. El término toma un valor de 0 cuando el efecto sea secundario y un valor 2 cuando sea directo.
Periodicidad. -	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto ya sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor 2, a los periódicos 1 y a los impactos de aparición irregular o intermitente y que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia como discontinuos, se les asigna un valor de 0.
Importancia del impacto. -	El valor de la importancia del impacto (I) se obtiene a partir de la relación aritmética de los diferentes atributos considerados anteriormente y con la siguiente expresión matemática:
I = + / - (IN+EX+MO+PE+RV+MC+SI+AC+EF+PR)	

Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se presenta la síntesis de los criterios señalados:

Tabla V. 31. Lista indicativa de criterios utilizados.

TIPO DE IMPACTO	CATEGORÍA	PONDERACIÓN
NATURALEZA.	Positivo "+" (Benéfico)	+
	Negativo "-" (Perjudicial)	-
INTENSIDAD (IN).	Baja	0
	Media	1
	Alta	2
EXTENSIÓN (EX).	Puntual O Parcial	0
	Extenso	1
	Regional O Crítico	2
MOMENTO (MO).	Corto Plazo O Inmediato	0
	Mediano Plazo	1
	Largo Plazo O Critico	2
PERSISTENCIA (PE).	Fugaz	0
	Temporal	1
	Permanente	2
REVERSIBILIDAD (RV).	Corto Plazo	0
	Mediano Plazo	1
	Irreversible	2
RECUPERABILIDAD (MC).	Recuperable De Manera Inmediata	0
	Recuperable a Mediano Plazo o Mitigable	1
	Irrecuperable	2
SINERGIA(SI).	Sin Sinergismo (Simple)	0
	Sinérgico	1
	Muy Sinérgico	2
ACUMULACIÓN (AC).	Simple	0
	Acumulativo	2
EFECTO (EF).	Indirecto (Secundario)	0
	Directo	2
PERIODICIDAD (PR).	Irregular O Aperiódico Y Discontinuo	0
	Periódico	1
	Continuo	2

Fuente: PIMEX, 2022.

Una vez calificados todos los impactos identificados, se suman los valores obtenidos en los diez rubros para cada atributo ambiental, obteniendo un valor total para cada uno. Con los valores obtenidos, se colocan los resultados de la categorización realizada en cada actividad del proyecto. Posteriormente se procede a realizar la jerarquización de los impactos ambientales y la descripción de los impactos identificados, incluyendo la recomendación de cómo se puede cuantificar y atenuar el efecto sobre el factor ambiental analizado. La siguiente tabla muestra la valoración jerárquica de cada uno de los impactos ambientales identificados en la etapa anterior:

Tabla V. 32. Evaluación de los impactos ambientales.

Trazo y delimitación DDV	NA	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	TOTAL
Tenencia de la tierra	-1	2	2	1	2	2	2	0	1	2	1	-15
Uso potencial	1	1	0	1	2	1	2	1	1	2	1	12
Uso actual	1	1	0	2	1	2	1	1	1	1	2	12
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	13
Medios de comunicación	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	11
												33
Indemnización a propietarios	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Tenencia de la tierra	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	-11
Uso potencial	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	15
Uso actual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Calidad de vida	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
												30
Desmonte de la vegetación	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Velocidad del viento	-1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	-15
Insolación	-1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	-5
Denudación	-1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	-16
Movimientos de materiales	-1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	-12

Erodabilidad	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1	-10
Profundidad	-1	1	1	0	1	1	0	1	1	2	1	-9
Acústica	-1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	-6
Calidad del agua	-1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	-15
Avenidas	-1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	-14
Diversidad	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	-13
Abundancia	-1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	-14
Diversidad	-1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	-17
Abundancia	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	-13
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1	-10
Comunidades vegetales	-1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	-4
Composición	-1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	-15
Sensibilidad	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Calidad visual	-1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	-16
Fragilidad	-1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	-17
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	-13
Generación de empleo	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	13
												-220

Despalme del suelo	NA	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	TOTAL
Velocidad del viento	-1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	-15
Insolación	-1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	-4
Denudación	-1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	-16
Movimientos de materiales	-1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	-12
Material (tipo de roca)	-1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	-13
Afloramientos rocosos	-1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	-13
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	-13
Erodabilidad	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	-12
Profundidad	-1	1	1	1	2	2	2	1	0	2	2	-14
Pedregosidad	-1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	-15
Composición gaseosa	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	-13
Aero partículas minerales	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	-10
Acústica	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-9
Dinámica hidrológica	-1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1	-10
Calidad del agua	-1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	-4
Diversidad	-1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	-14
Abundancia	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	-10
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	-12
Comunidades vegetales	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-9
Composición	-1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	-15
Sensibilidad	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	-13
Calidad visual	-1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	-13
Fragilidad	-1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	-12
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	-13
Uso potencial	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	10
Uso actual	-1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	-14
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	13
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	2	11
												-253

Cortes	NA	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	TOTAL
Velocidad del viento	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	-12
Denudación	-1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	-15
Movimientos de materiales	-1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	-15
Relieve	-1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	-13
Material (tipo de roca)	-1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	-18
Afloramientos rocosos	-1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	-13
Inestabilidad	-1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	-13
Unidad de Suelo (Tipo)	-1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	-4
Erodabilidad	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-11
Pedregosidad	-1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	-13
Composición gaseosa	-1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	-12
Aero partículas minerales	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Acústica	-1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	1	-8
Dinámica hidrológica	-1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	-14

Avenidas	-1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	-14
Diversidad	-1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	-13
Abundancia	-1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	-12
Abundancia	-1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	-12
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	-14
Composición	-1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	-14
Sensibilidad	-1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	-14
Calidad visual	-1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	-13
Fragilidad	-1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	-12
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	-15
Uso potencial	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	11
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	12
Generación de empleo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	16
Actividades Antropogénicas	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	14
												-251
Nivelación y rellenos	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Denudación	-1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	-15
Movimientos de materiales	-1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	-16
Relieve	-1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	-17
Material (tipo de roca)	-1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	-15
Afloramientos rocosos	-1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	-13
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	-18
Erodabilidad	-1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	-14
Profundidad	-1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	-12
Pedregosidad	-1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	-12
Composición gaseosa	-1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	-18
Aero partículas minerales	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Acústica	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	-11
Dinámica hidrológica	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	-12
Calidad del agua	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	-13
Avenidas	-1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	-12
Sucesión ecológica	-1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	-18
Composición	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Calidad visual	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	-11
Fragilidad	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	-12
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	-13
Uso potencial	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	13
Uso actual	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	12
Seguridad en el trabajo	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	18
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	13
Actividades Antropogénicas	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	18
												-198
Excavación	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Denudación	-1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	-10
Movimientos de materiales	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-11
Relieve	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	-10
Material (tipo de roca)	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	-11
Afloramientos rocosos	-1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	-9
Erodabilidad	-1	1	2	1	2	0	0	0	1	1	1	-9
Profundidad	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-11
Pedregosidad	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	-10
Composición gaseosa	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	-11
Aero partículas minerales	-1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	-9
Acústica	-1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	-8
Dinámica hidrológica	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-11
Calidad del agua	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	-10
Avenidas	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	-11
Sucesión ecológica	-1	1	2	1	1	0	0	1	2	1	1	-10
Composición	-1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	-8
Calidad visual	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-11
Fragilidad	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	-10
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	-11
Tenencia de la tierra	-1	1	2	1	1	2	0	1	1	1	1	-11
Uso potencial	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	10
Uso actual	1	1	1	2	1	1	1	0	2	2	2	13

Generación de empleo	1	1	2	2	1	0	0	2	1	1	1	11
												-168
Compactación	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	-17
Profundidad	-1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	-15
Composición gaseosa	-1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	-9
Aero partículas minerales	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Acústica	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Dinámica hidrológica	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	-13
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	15
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	12
												-51
Manejo y disposición de residuos de obra	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Relieve	-1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	-17
Material (tipo de roca)	-1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	-15
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	-9
Composición gaseosa	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Aero partículas minerales	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Acústica	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	-13
Calidad visual	-1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	-9
Uso actual	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Generación de empleo	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	12
Actividades Antropogénicas	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	12
												-75
Instalación de infraestructura de apoyo	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	1	1	0	1	1	2	1	2	1	-11
Acústica	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	-10
Abundancia	-1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	-14
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Calidad de vida	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
												-3
Preparación del cruce de caminos y vialidades	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Denudación	-1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	-15
Relieve	-1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	-15
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	-15
Erodabilidad	-1	1	0	1	1	2	2	2	1	2	2	-14
Profundidad	-1	1	0	1	1	1	2	1	1	2	2	-12
Vialidad y transporte	-1	1	0	1	1	2	2	1	2	2	2	-14
Seguridad en el trabajo	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	6
Generación de empleo	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	6
Medios de comunicación	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	1	13
Actividades Antropogénicas	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	6
												-54
Obras de drenaje y subdrenaje	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	0	2	2	2	1	1	2	1	2	-14
Erodabilidad	-1	1	0	1	1	2	2	1	2	2	2	-14
Profundidad	-1	0	0	1	1	2	2	2	1	2	1	-12
Pedregosidad	-1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	1	-10
Recarga hidrológica	-1	1	0	1	1	2	2	1	2	1	1	-12
Dinámica hidrológica	1	1	0	2	1	0	2	0	0	2	1	9
Avenidas	1	1	0	2	1	0	2	2	2	2	2	14
Diversidad	1	1	0	2	1	1	2	2	2	2	2	15
Abundancia	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	-13
Sucesión ecológica	-1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	2	-11
Composición	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	-12
Sensibilidad	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	-10
Uso actual	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Generación de empleo	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	2	11
Actividades Antropogénicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	12
												-59
Construcción de los Terraplenes	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Denudación	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	-9
Movimientos de materiales	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	-9

Relieve	-1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	-15
Material (tipo de roca)	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	-16
Erodabilidad	-1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	-14
Profundidad	-1	1	2	1	0	1	1	1	1	0	1	-9
Composición gaseosa	-1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	-5
Aero partículas minerales	-1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	-5
Acústica	-1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	-5
Recarga hidrológica	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	-9
Dinámica hidrológica	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-12
Avenidas	-1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	-13
Abundancia	-1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	-14
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	2	-1	1	2	2	2	1	-12
Sensibilidad	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-8
Calidad visual	-1	1	1	1	2	-1	1	2	2	2	2	-13
Uso actual	-1	1	1	2	1	-1	1	1	2	1	1	-10
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	-1	1	2	1	0	1	8
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Medios de comunicación	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	18
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
												-143
Acarreos de material	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Material (tipo de roca)	-1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	-11
Composición gaseosa	-1	1	2	1	0	0	1	0	0	2	1	-8
Aero partículas minerales	-1	1	2	1	0	0	1	0	0	2	1	-8
Acústica	-1	1	2	1	0	0	1	0	0	2	1	-8
Vialidad y transporte	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-11
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	0	7
												-18
Plantas de asfalto, concreto y trituradoras	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Insolación	-1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	1	-8
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	-10
Erodabilidad	-1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	1	-8
Composición gaseosa	-1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	1	-8
Aero partículas minerales	-1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	1	-8
Acústica	-1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	-6
Calidad visual	-1	2	0	2	1	1	1	2	2	1	1	-13
Tenencia de la tierra	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	0	1	1	1	2	1	2	1	11
												-18
Talleres y patios de servicio	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (tipo)	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	-10
Erodabilidad	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-11
Composición gaseosa	-1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	-6
Acústica	-1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	-6
Calidad visual	-1	2	0	2	0	1	1	2	2	1	1	-12
Tenencia de la tierra	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
												-5
Colocación de carpeta asfáltica	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Velocidad del viento	-1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	-14
Insolación	-1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	-14
Movimientos de Materiales	-1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	-8
Erodabilidad	-1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	-4
Composición gaseosa	-1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	-9
Acústica	-1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	-9
Recarga Hidrológica	-1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	-4
Abundancia	-1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	-15
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	-14

Sensibilidad	-1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	-13
Calidad visual	-1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	-17
Fragilidad	-1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	-12
Estatus ecológico	-1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	-12
Uso potencial	-1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	-16
Uso actual	-1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	-13
Vialidad y transporte	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	16
Asentamientos humanos	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	15
Migración interregional	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	10
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	13
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Medios de comunicación	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	14
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
Actividades Antropogénicas	1	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2	13
												-74
Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Movimientos de Materiales	-1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	-8
Relieve	-1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	-6
Erodabilidad	-1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	-4
Composición gaseosa	-1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	-7
Acústica	-1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	-8
Recarga Hidrológica	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4
Dinámica Hidrológica	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4
Abundancia	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Uso Potencial	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Generación de empleo	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
Medios de comunicación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	7
Actividades Antropogénicas	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
												-11
Obras complementarias	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Vialidad y transporte	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	17
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
Actividades Antropogénicas	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
												63
Manejo y disposición de residuos	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (Tipo)	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	-10
Composición del acuífero	-1	1	0	1	1	2	2	2	1	1	1	-12
Calidad del agua	-1	1	0	1	1	2	2	1	1	2	1	-12
Calidad visual	-1	1	0	1	1	1	1	2	2	2	1	-12
Tenencia de la tierra	-1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	-13
Uso actual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Actividades Antropogénicas	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
												-28
Señalamiento	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Calidad del agua	-1	1	0	2	1	1	2	1	2	1	1	-12
Calidad visual	-1	1	0	2	2	1	2	1	1	1	2	-13
Vialidad y transporte	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
Seguridad en el trabajo	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Medios de comunicación	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
Actividades Antropogénicas	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	17
												63
Servicios adicionales al usuario	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Insolación	-1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	-8
Vialidad y transporte	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	15
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11

Medios de comunicación	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	15
Consumo de bienes y servicios	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
Actividades Antropogénicas	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
												79
Áreas verdes	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Insolación	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Unidad de suelo (tipo)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	2	1	8
Erodabilidad	1	1	0	1	0	0	1	1	1	2	1	8
Composición gaseosa	1	1	0	1	0	0	1	1	1	2	1	8
Diversidad	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Abundancia	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Diversidad	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Abundancia	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	13
Sucesión ecológica	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Comunidades vegetales	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Composición	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Calidad visual	1	1	0	2	2	1	1	2	1	1	2	13
Fragilidad	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	14
Estatus ecológico	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Tenencia de la tierra	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Uso actual	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
Calidad de vida	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	0	8
Generación de empleo	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	15
Medios de comunicación	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
Actividades Antropogénicas	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	16
												215
Desmantelamiento infraestructura de apoyo	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Erodabilidad	-1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	1	-8
Aero partículas minerales	-1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	1	-8
Acústica	-1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	1	-8
Calidad visual	-1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	1	-8
Fragilidad	-1	1	1	1	0	1	1	0	0	2	1	-8
Uso potencial	1	1	0	1	1	1	1	0	1	2	1	9
Generación de empleo	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	10
												-21
Tránsito Vehicular	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Composición gaseosa	-1	2	2	2	0	0	1	1	2	2	2	-14
Aero partículas minerales	-1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	-10
Acústica	-1	2	2	2	0	0	1	1	2	2	2	-14
Diversidad	-1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	-13
Abundancia	-1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	-19
Vialidad y transporte	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
Migración interregional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Generación de empleo	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	6
Medios de comunicación	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	6
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
Actividades Antropogénicas	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	6
												-8
Bacheo, pintura y señalización	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Composición gaseosa	-1	1	1	1	0	0	1	0	0	2	1	-7
Calidad visual	1	1	1	1	2	0	1	2	2	2	2	14
Vialidad y transporte	1	1	2	1	0	1	1	1	1	2	2	12
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Medios de comunicación	1	1	2	1	1	1	0	2	1	2	2	13
Consumo de bienes y servicios	1	1	2	1	1	1	0	2	1	2	2	13
												67
Limpieza de vegetación ruderal y residuos	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Unidad de suelo (tipo)	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	2	13
Diversidad	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	2	13
Calidad visual	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	1	12
Estatus ecológico	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	12

Uso potencial	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	1	12
Asentamientos humanos	-1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	-15
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Medios de comunicación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
												91
Sistema de Prevención de Accidentes	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Calidad visual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11
Uso potencial	1	1	1	1	0	1	1	2	2	2	1	12
Vialidad y transporte	1	1	2	2	0	1	1	2	2	2	2	15
Asentamientos humanos	1	1	1	2	0	1	1	2	2	2	1	13
Migración interregional	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	14
Seguridad en el trabajo	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	13
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Medios de comunicación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Consumo de bienes y servicios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	11
Actividades Antropogénicas	1	1	2	1	1	1	0	2	1	2	2	13
												135
Áreas verdes	**NA**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RE**	**MC**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**TOTAL**
Velocidad del viento	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Insolación	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Unidad de suelo (tipo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Erodabilidad	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
Composición gaseosa	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	12
Acústica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Calidad del agua	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Abundancia	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
Diversidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Abundancia	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
Sucesión ecológica	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-10
Comunidades vegetales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Composición	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	-9
Sensibilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Calidad visual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Fragilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Estatus ecológico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
Uso potencial	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Calidad de vida	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Generación de empleo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Medios de comunicación	1	2	0	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Consumo de bienes y servicios	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	15
Actividades Antropogénicas	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	15
												190

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla V. 33. Evaluación de los impactos ambientales.

Medio	Factor ambiental	Atributos	Preparación del sitio											Construcción													Operación		Mantenimiento				
			Trazo y delimitación DDV	Indemnización a propietarios	Desmonte de la vegetación	Despalme del suelo	Cortes	Nivelación y rellenos	Excavación	Compactación	Manejo y disposición de residuos de obra	Instalación de infraestructura de apoyo	Preparación del cruce de caminos y viaductos	TOTAL	Obras de drenaje y subdrenaje	Construcción de los Terraplenes	Acarreos de material	Plantas de asfalto, concreto y trituradores	Talleres y patios de servicio	Colocación de carpeta asfáltica	Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	Obras complementarias	Manejo y disposición de residuos	Señalamiento	Servicios adicionales al usuario	Áreas verdes	Desmantelamiento infraestructura de apoyo	TOTAL	Tránsito Vehicular	TOTAL	Bacheo, pintura y señalización	Limpieza de vegetación ruderal y residuos	Sistema de Prevención de Accidentes	Áreas verdes	TOTAL
Físicos	Clima	Velocidad del viento			-15	-15	-12							-42						-14								-14		0				9	9
		Insolación			-5	-4								-9				-8		-14					-8	10		-20		0				9	9
	Geomorfología	Denudación			-16	-16	-15	-15	-10				-15	-87		-9												-9		0					0
		Movimientos de materiales			-12	-12	-15	-16	-11					-66		-9				-8	-8							-25		0					0
		Relieve					-13	-17	-10		-17		-15	-72		-15					-6							-21		0					0
	Geología	Material (tipo de roca)				-13	-18	-15	-11		-15			-72		-10	-11											-21		0					0
		Afloramientos rocosos				-13	-13	-13	-9					-48														0		0					0
		Inestabilidad					-13							-13														0		0					0
	Suelo	Unidad de suelo (tipo)				-13	-4	-18		-17	-9	-11	-15	-87	-14	-16		-10	-10				-10			8		-52		0		13		10	23
		Erodabilidad			-10	-12	-11	-14	-9				-14	-70	-14	-14		-8	-11	-4	-4					8	-8	-55		0				8	8
		Profundidad			-9	-14		-12	-11	-15			-12	-73	-12	-9												-21		0					0
		Pedregosidad				-15	-13	-12	-10					-50	-10													-10		0					0
	Aire	Composición gaseosa				-13	-12	-18	-11	-9	-12			-75		-5	-8	-8	-6	-9	-7					8		-35	-14	-14	-7			12	5
		Aero partículas minerales				-10	-10	-10	-9	-12	-12			-63		-5	-8	-8									-8	-29	-10	-10					0
		Acústica			-6	-9	-8	-11	-8	-12	-13	-10		-77		-5	-8	-6	-6	-9	-8						-8	-50	-14	-14				10	10
	Hidrología Subterránea	Composición del acuífero												0									-12					-12		0					0
		Recarga hidrológica												0	-12	-9				-4	4							-21		0					0
	Hidrología Superficial	Dinámica hidrológica				-10	-14	-12	-11	-13				-60	9	-12					4							1		0					0
		Calidad del agua			-15	-4		-13	-10					-42									-12	-12				-24		0				9	9
		Avenidas			-14		-14	-12	-11					-51	14	-13												1		0					0
Bióticos	Vegetación	Diversidad			-13		-13							-26												9		9		0		13		8	21
		Abundancia			-14		-12					-14		-40												9		9		0				10	10
	Fauna	Diversidad			-17	-14								-31	15											10		25	-13	-13					0
		Abundancia			-13	-10	-12							-35	-13	-14				-15	-10					13		-39	-19	-19				8	8
	Hábitat	Sucesión ecológica			-10	-12	-14	-18	-10					-64	-11	-12				-14						10		-27		0				-10	-10
		Comunidades vegetales			-4	-9								-13												10		10		0				10	10
		Composición			-15	-15	-14	-10	-8					-62	-12											10		-2		0				-9	-9
		Sensibilidad			-10	-13	-14							-37	-10	-8				-13								-31		0					10
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual			-16	-13	-13	-11	-11		-9			-73		-13		-13	-12	-17			-12	-13		13	-8	-75		0	14	12	11	10	47
		Fragilidad			-17	-12	-12	-12	-10					-63						-12						14	-8	-6		0				10	10
		Estatus ecológico			-13	-13	-15	-13	-11					-65						-12						9		-3		0		12		8	20
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra	-15	-11					-11					-37				10	10				-13			9		16		0					0
		Uso potencial	12	15		10	11	13	10					71						-16	-10						9	-17		0		12	12	10	34
		Uso actual	12	10		-14		12	13		-12			21	-12	-10				-13			11			10		-14		0					0
	Elementos Urbanos	Vialidad y transporte											-14	-14			-11			16		17		16	15			53	9	9	12		15		27
		Asentamientos humanos												0						15								15		0		-15	13		-2
		Migración interregional												0						10								10	10	10			14		14
	Salud y Seguridad social	Seguridad en el trabajo				11	12	18		15		11	6	73		8	10	11	11					10	11			61	9	9			13		13
		Calidad de vida		16								10		26						13		11		11	11	8		54	10	10	11	11	11	9	42
	Económicos	Generación de empleo	13		11	13	16	13	11	12	12	11	6	118	11	11	11	11	11	11	8	11	11	10	11	15	10	142	6	6	11	11	11	10	43
		Medios de comunicación	11										13	24		8				14	10			16	15	16		79	6	6	13	11	11	9	44
		Consumo de bienes y servicios			13	11								24		18	7	11	8	8	7	8		8	8			83	6	6	13	11	11	15	50
		Actividades Antropogénicas					14	18			12		6	50	12					13	9	16	9	17	16	16		108	6	6			13	15	28
		SUMATORIA	**33**	**30**	**-220**	**-253**	**-251**	**-198**	**-168**	**-51**	**-75**	**-3**	**-54**	**-1210**	**-59**	**-143**	**-18**	**-18**	**-5**	**-74**	**-11**	**63**	**-28**	**63**	**79**	**215**	**-21**	**43**	**-8**	**-8**	**67**	**91**	**135**	**190**	**483**

Fuente: PIMEX, 2022.

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS.

Como puede observarse, algunos de los impactos se manifiestan en diferentes etapas del proyecto, por lo cual se ha llevado a cabo un concentrado con la finalidad de obtener el número real de impactos significativos derivados del proyecto los cuales se presentan a continuación:

Tabla V. 34. Impactos significativos derivados del proyecto.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	ATRIBUTOS	
Físicos	Clima	Velocidad del viento	-47
		Insolación	-20
	Geomorfología	Denudación	-96
		Movimientos de materiales	-91
		Relieve	-93
	Geología	Material (tipo de roca)	-93
		Afloramientos rocosos	-48
		Inestabilidad	-13
	Suelo	Unidad de suelo (tipo)	-116
		Erodabilidad	-117
		Profundidad	-94
		Pedregosidad	-60
	Aire	Composición gaseosa	-119
		Aero partículas minerales	-102
		Acústica	-131
	Hidrología Subterránea	Composición del acuífero	-12
		Recarga hidrológica	-21
	Hidrología Superficial	Dinámica hidrológica	-59
		Calidad del agua	-57
		Avenidas	-50
Biótico	Vegetación	Diversidad	4
		Abundancia	-21
	Fauna	Diversidad	-19
		Abundancia	-85
	Hábitat	Sucesión ecológica	-101
		Comunidades vegetales	7
		Composición	-73
		Sensibilidad	-58
Paisaje	Fondo escénico y estético	Calidad visual	-101
		Fragilidad	-59
		Estatus ecológico	-48
Socioeconómico	Uso del suelo	Tenencia de la tierra	-21
		Uso potencial	88
		Uso actual	7
	Elementos Urbanos	Vialidad y transporte	75
		Asentamientos humanos	13
		Migración interregional	34
	Salud y Seguridad social	Seguridad en el trabajo	156
		Calidad de vida	132
	Económicos	Generación de empleo	309
		Medios de comunicación	153
		Consumo de bienes y servicios	163
		Actividades Antropogénicas	192

Fuente: PIMEX, 2022.

ÍNDICE DE IMPACTABILIDAD Y AFECTABILIDAD.

En la matriz de interacción se analizaron cuáles de las actividades provocan un mayor número de impactos y/o actúan sobre los elementos del medio natural y socioeconómico. Para ello, se establece el universo de interacciones potenciales y se definen las interacciones que resultan positivas. El índice de impactabilidad es un valor entre 0 y 1 y mientras más cercano se encuentre de la unidad, más fuerte será el impacto generado del total de las actividades del proyecto.

Tabla V. 35. Índice de Impactabilidad.

Número de actividades:	29
Universo de interacciones potenciales:	392
Impactabilidad general del proyecto:	0.073

Fuente: PIMEX, 2022.

Listado de actividades de acuerdo con su índice de impactabilidad:

Tabla V. 36. Listado de actividades de acuerdo con su índice de impactabilidad.

PREPARACIÓN DEL SITIO	IMPACTABILIDAD
Despalme del suelo	0.073979592
Cortes	0.071428571
Nivelación y rellenos	0.06377551
Excavación	0.058673469
Desmonte de la vegetación	0.056122449
Manejo y disposición de residuos de obra	0.025510204
Preparación del cruce de caminos y vialidades	0.025510204
Compactación	0.020408163
Instalación de infraestructura de apoyo	0.015306122
CONSTRUCCIÓN	**IMPACTABILIDAD**
Colocación de carpeta asfáltica	0.058673469
Construcción de los Terraplenes	0.056122449
Áreas verdes	0.051020408
Obras de drenaje y subdrenaje	0.038265306
Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	0.033163265
Plantas de asfalto, concreto y trituradoras	0.028061224
Talleres y patios de servicio	0.022959184
Señalamiento	0.022959184
Acarreos de material	0.020408163
Manejo y disposición de residuos	0.020408163
Servicios adicionales al usuario	0.020408163
Desmantelamiento infraestructura de apoyo	0.017857143
Obras complementarias	0.012755102
OPERACIÓN	**IMPACTABILIDAD**
Tránsito Vehicular	0.033163265
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	**IMPACTABILIDAD**
Áreas verdes	0.058673469
Sistema de Prevención de Accidentes	0.028061224
Limpieza de vegetación ruderal y residuos	0.025510204
Bacheo, pintura y señalización	0.017857143

Fuente: PIMEX, 2022.

De acuerdo con la naturaleza del proyecto, las actividades que tienen un mayor índice de impactabilidad en el ambiente son:

Tabla V. 37. Listado de actividades de acuerdo con su índice de impactabilidad.

ACTIVIDAD	ÍNDICE DE IMPACTABILIDAD
Despalme del suelo	0.073979592
Cortes	0.071428571
Nivelación y rellenos	0.06377551
Excavación	0.058673469
Colocación de carpeta asfáltica	0.058673469
Áreas verdes	0.058673469
Desmonte de la vegetación	0.056122449
Construcción de los Terraplenes	0.056122449
Áreas verdes	0.051020408
Obras de drenaje y subdrenaje	0.038265306

Fuente: PIMEX, 2022.

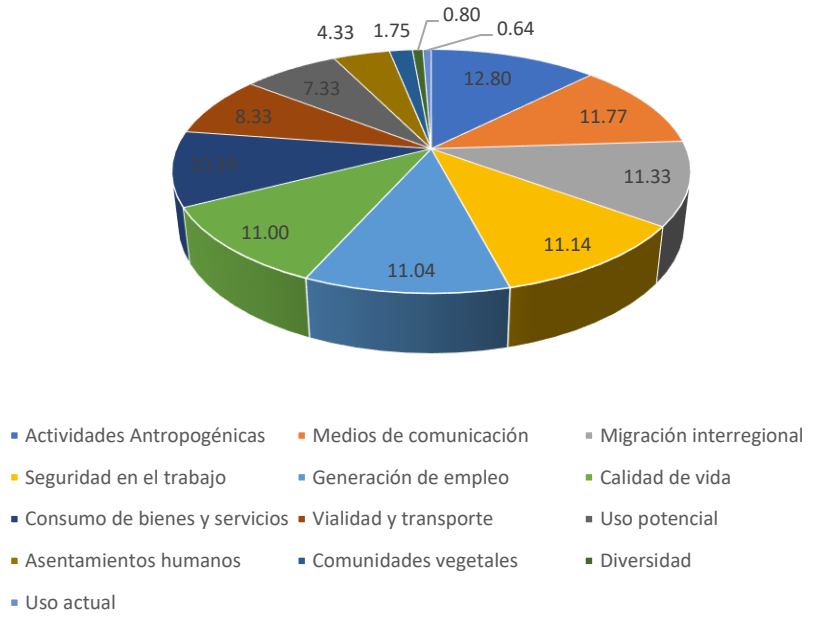
Los atributos ambientales con impactos ambientales positivos son:

Tabla V. 38. Atributos ambientales con Impactos Ambientales Positivos.

ATRIBUTO AMBIENTAL	PONDERACIÓN	FRECUENCIA	ÍNDICE POSITIVO
Actividades Antropogénicas	192	15.00	12.80
Medios de comunicación	153	13.00	11.77
Migración interregional	34	3.00	11.33
Seguridad en el trabajo	156	14.00	11.14
Generación de empleo	309	28.00	11.04
Calidad de vida	132	12.00	11.00
Consumo de bienes y servicios	163	16.00	10.19
Vialidad y transporte	75	9.00	8.33
Uso potencial	88	12.00	7.33
Asentamientos humanos	13	3.00	4.33
Comunidades vegetales	7	4.00	1.75
Diversidad	4	5.00	0.80
Uso actual	7	11.00	0.64

Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica V. 2. Atributos ambientales con Impactos Ambientales Positivos.



Fuente: PIMEX, 2022.

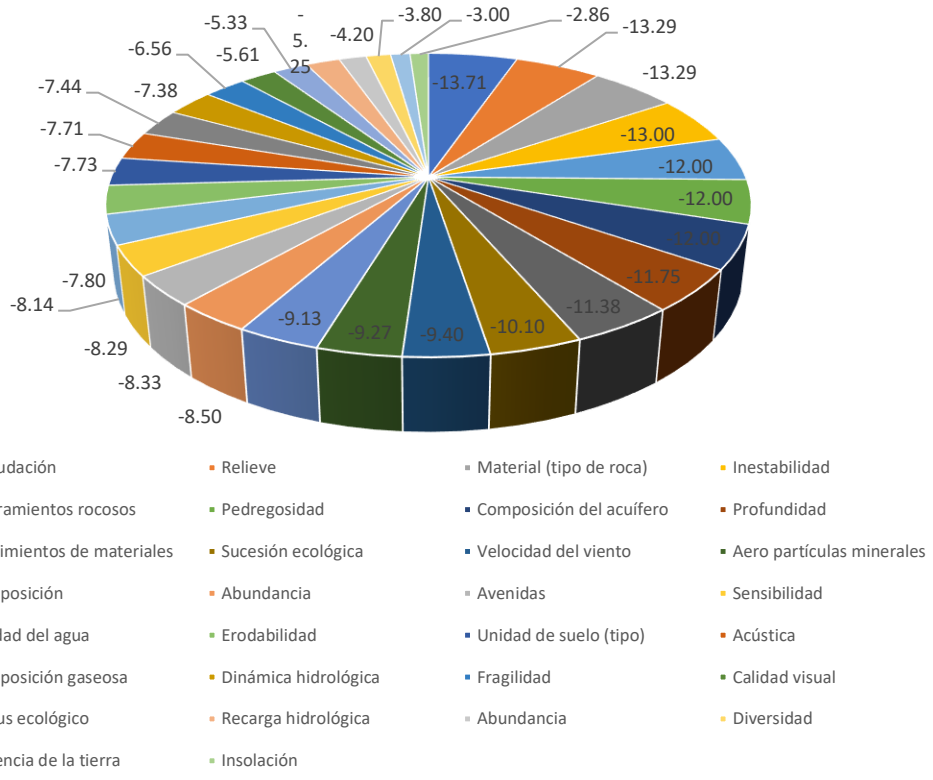
Tabla V. 39. Impactos ambientales Negativos.

ATRIBUTO	IMPACTABILIDAD	FRECUENCIA	ÍNDICE NEGATIVO
Denudación	-96	7.00	-13.71
Relieve	-93	7.00	-13.29
Material (tipo de roca)	-93	7.00	-13.29
Inestabilidad	-13	1.00	-13.00
Afloramientos rocosos	-48	4.00	-12.00
Pedregosidad	-60	5.00	-12.00
Composición del acuífero	-12	1.00	-12.00
Profundidad	-94	8.00	-11.75
Movimientos de materiales	-91	8.00	-11.38
Sucesión ecológica	-101	10.00	-10.10
Velocidad del viento	-47	5.00	-9.40
Aero partículas minerales	-102	11.00	-9.27
Composición	-73	8.00	-9.13
Abundancia	-85	10.00	-8.50
Avenidas	-50	6.00	-8.33
Sensibilidad	-58	7.00	-8.29

ATRIBUTO	IMPACTABILIDAD	FRECUENCIA	ÍNDICE NEGATIVO
Calidad del agua	-57	7.00	-8.14
Erodabilidad	-117	15.00	-7.80
Unidad de suelo (tipo)	-116	15.00	-7.73
Acústica	-131	17.00	-7.71
Composición gaseosa	-119	16.00	-7.44
Dinámica hidrológica	-59	8.00	-7.38
Fragilidad	-59	9.00	-6.56
Calidad visual	-101	18.00	-5.61
Estatus ecológico	-48	9.00	-5.33
Recarga hidrológica	-21	4.00	-5.25
Abundancia	-21	5.00	-4.20
Diversidad	-19	5.00	-3.80
Tenencia de la tierra	-21	7.00	-3.00
Insolación	-20	7.00	-2.86

Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica V. 3. Impactos Ambientales Negativos.



Fuente: PIMEX, 2022.

La identificación de los impactos ambientales a partir de la matriz de interacción, entre las actividades del proyecto con los elementos del medio natural y socioeconómico, resulta en un total de 392 impactos ambientales o "interacciones", agrupados por cada etapa del proyecto, los cuales quedan distribuidos de la siguiente forma:

Tabla V. 40. Interacciones identificadas y Porcentaje.

	PREPARACIÓN	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO
Impactos detectados	170	158	13	51
Porcentaje de impactos	43.37%	40.31%	3.32%	13.01%

Fuente: PIMEX, 2022.

En el cuadro anterior, se observa que la mayor cantidad de impactos ambientales se presentan durante la etapa de Construcción, la cual concentra el 43.47% de los impactos ambientales identificados. Destaca por otra parte la Preparación del Sitio con 40.31% y finalmente la Operación y Mantenimiento con 3.32% y 13.01% respectivamente. Por otra parte, se han seleccionado un concentrado de **actividades** que producen impactos ambientales negativos significativos, con la finalidad de atender el número real de impactos derivados del proyecto, agrupados en tres diferentes categorías, contemplando los efectos positivos y negativos. Asimismo, se elaboró una escala relativa, tomando la ponderación máxima y mínima, tanto en los impactos ambientales negativos como los positivos, a fin de establecer una jerarquía de los obtenidos, lo cual permite agrupar las diferentes actividades, de acuerdo con la ponderación aplicada en la valoración de los impactos ambientales; los intervalos de Bajo, Medio y Alto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla V. 41. Intervalos de los Impactos Negativos y Positivos generados por las actividades del proyecto.

IMPACTOS NEGATIVOS		
LÍMITE INFERIOR	**LÍMITE SUPERIOR**	**CATEGORÍA**
146	215	Alto Positivo
75	145	Medio Positivo
4	74	Bajo Positivo
IMPACTOS POSITIVOS		
LÍMITE INFERIOR	**LÍMITE SUPERIOR**	**CATEGORÍA**
-171	-253	Alto Negativo
-87	-170	Medio Negativo
-3	-86	Bajo Negativo

Fuente: PIMEX, 2022.

En la siguiente tabla muestra las actividades con la mayor impactabilidad hasta alcanzar el 100% del impacto producido, que deben ser atendidas o minimizadas con la aplicación de medidas correctivas.

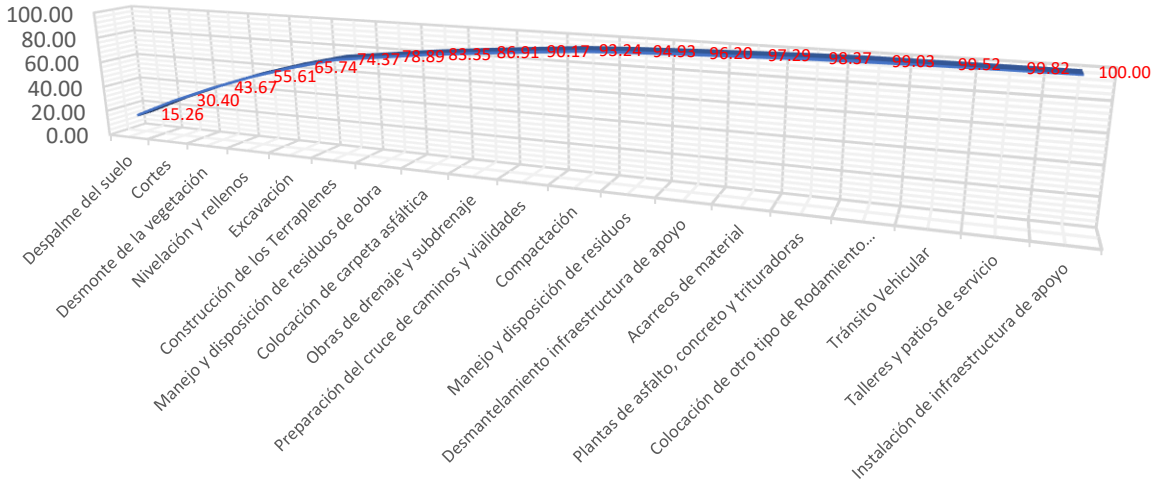
Tabla V. 42. Impactos ambientales negativos relevantes del proyecto.

ACTIVIDADES CON IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS RELEVANTES	PONDERACIÓN	% ACUMULATIVO	CATEGORÍA
Despalme del suelo	-253	15.26	Alto Negativo
Cortes	-251	30.40	Alto Negativo
Desmonte de la vegetación	-220	43.67	Alto Negativo
Nivelación y rellenos	-198	55.61	Alto Negativo
Excavación	-168	65.74	Medio Negativo
Construcción de los Terraplenes	-143	74.37	Medio Negativo
Manejo y disposición de residuos de obra	-75	78.89	Alto Negativo
Colocación de carpeta asfáltica	-74	83.35	Bajo Negativo
Obras de drenaje y subdrenaje	-59	86.91	Bajo Negativo
Preparación del cruce de caminos y vialidades	-54	90.17	Bajo Negativo
Compactación	-51	93.24	Bajo Negativo
Manejo y disposición de residuos	-28	94.93	Bajo Negativo
Desmantelamiento infraestructura de apoyo	-21	96.20	Bajo Negativo
Acarreos de material	-18	97.29	Bajo Negativo
Plantas de asfalto, concreto y trituradoras	-18	98.37	Bajo Negativo
Colocación de otro tipo de Rodamiento (Permeable)	-11	99.03	Bajo Negativo
Tránsito Vehicular	-8	99.52	Bajo Negativo
Talleres y patios de servicio	-5	99.82	Bajo Negativo
Instalación de infraestructura de apoyo	-3	100.00	Bajo Negativo

Fuente: PIMEX, 2022.

La siguiente gráfica muestra la acumulación porcentual de las actividades con los impactos ambientales más significativos, hasta alcanzar el 100%, con la inclusión de su descripción, análisis y respectivas medidas de mitigación en el texto respectivo.

Gráfica V. 4. Actividades que alcanzan a producir el 100% de Impactos significativos negativos del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, y en la siguiente tabla, se presenta la descripción de los impactos ambientales significativos modificados por estas actividades del proyecto que son las generadas de los impactos significativos.

Tabla V. 43. Impactos ambientales negativos relevantes del proyecto.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS
ALTO NEGATIVO	
Despalme del suelo (-253) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 15.26%)	La integración de la carretera, requiere la eliminación permanente del suelo, a lo largo del derecho de vía en toda su trayectoria, incluyendo la desaparición de la vegetación y horizontes edáficos, la modificación del relieve y del patrón de escorrentía superficial, por lo cual se promoverá y en algunos incrementará la erosión del suelo, así como la generación temporal y local gases de combustión a la atmósfera, polvos y ruidos, por el uso de maquinaria, vehículos y equipo pesado, para realizar el movimiento de materiales. La eliminación de la capa edáfica superficial es una afectación permanente e irreversible, eliminando el sustrato fértil y exponiendo el material geológico a procesos de intemperismo, así como provocando el cambio de uso del suelo en los sitios donde el ancho de la vialidad se tendrá que realizar.
Cortes (-251) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 30.40%)	La realización de estas actividades son componentes esenciales para consolidar la preparación del sitio, con el objetivo de conformar y modificar de forma permanente la geomorfología; esta actividad permitirá la trayectoria lineal del Proyecto y favorecerá el tráfico vehicular sin problemas de tener que recorrer curvas verticales o "columpios". Esta actividad provocará inestabilidad de los taludes, sobre todo en los lomeríos donde predomina un material muy frágil y sin cementación, que incluso actualmente muestra de manera permanente caídas de material; en los otros tres sistemas de lomeríos predominan las rocas interestratificadas y plegadas poco consolidadas, con intemperismo acentuado que también provocará subsecuentes caídas de materiales y fragmentos, aunque de menor magnitud que la señalada anteriormente, afectando a vehículos y el Proyecto. Esta valoración del impacto se asocia al transporte de materiales con equipo pesado y movimiento de vehículos de carga y personal, que en consecuencia generan, de forma temporal y puntual, ruidos, emisiones a la atmósfera y polvos fugitivos, así como afectaciones directas a la fauna y vegetación, tanto a los organismos como a sus nichos y madrigueras, incluyendo su ahuyenta miento temporal. Es la principal actividad con el impacto ambiental más significativo.
Desmonte de la vegetación. (-220) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 43.67%)	El desmonte de la vegetación es un impacto significativo, ya que elimina por completo la cubierta vegetal, con una baja resiliencia para dar paso a las siguientes actividades, como es el despalme del suelo, relleno, nivelación y continuar con la integración del Proyecto. Indirectamente son afectados la fauna y el hábitat y procesos ecosistémicos. Es un impacto permanente, de alta magnitud e importancia, debido a la reducción de la cobertura vegetal y del hábitat para la fauna, de comunidades vegetales cuya reintegración requiere un largo plazo, costos y esfuerzos importantes, debido a la severa restricción de suelos desarrollados y moderada precipitación pluvial en la mayoría del SAR.
Nivelación y relleno (-198) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 55.61%)	Las actividades de nivelación y relleno, incluyendo las actividades de compactación se derivan de una intensa movilización de vehículos de carga, equipo y maquinaria pesada, que habrá de realizar el movimiento de tierras, residuos de construcción, que se deriva en diferentes impactos ambientales, con afectaciones puntuales y temporales, de la calidad del aire, emisión de gases de combustión interna, ruidos, así como el movimiento de materiales, y a mediano plazo la compactación del suelo e intemperismo de los materiales geológicos. Al final se tiene una barrera física que obstaculiza el drenaje superficial y se intensifica el ahuyentamiento de la fauna, produciendo el potencial

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS
	"efecto dique", así como propiciando las condiciones que pueden disparar las afectaciones a aquellos individuos de lento desplazamiento, como reptiles y quelonios.
MEDIO NEGATIVO	
Excavación (-168) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 65.74%)	La excavación para la instalación de la carretera es un proceso que requiere la implementación de maquinaria pesada, vehículos de carga y movilización de vehículos que derivan en diferentes impactos ambientales, con afectaciones puntuales y temporales, de la calidad del aire, emisión de gases de combustión interna, ruidos, así como el movimiento de materiales, y a mediano plazo la compactación del suelo e intemperismo de los materiales geológicos, sobre todo en las laderas bajas de los lomeríos, con fragilidad evidente. Esta primera actividad considerada dentro de los impactos Medios Negativos, alcanzan el 66.37% de los impactos significativos generados, es decir más de la mitad de las afectaciones identificadas, donde se encuentran los impactos regionales, permanentes e irreversibles y con escasas posibilidades de mitigar o atenuar las afectaciones derivadas
Construcción de los Terraplenes (-143) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 74.37%)	La colocación de los terraplenes a lo largo del derecho de vía sobre los lomeríos habrá de requerir la operación de maquinaria pesada, vehículos de carga y equipo, movimiento de camiones de carga y presencia de personal de trabajo, lo cual se traduce en la afectación local y temporal del frente de trabajo, alterando la calidad del aire con gases de combustión y partículas, así como el ahuyentamiento de la fauna local. De manera permanente ocurre el cambio de uso del suelo, la desaparición de los horizontes edáficos y la creación de una barrera física que modificará el drenaje superficial, requiriendo la inclusión de las obras de drenaje y subdrenaje.
Manejo y disposición de residuos de obra (-75) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 78.89%)	En todos los frentes de trabajo y a lo largo de toda la trayectoria, habrá la generación de residuos de obra, tales como concreto, pintura, asfalto, materiales gravosos, agua para la compactación, restos de soldadura, residuos metálicos, entre otros elementos sobrantes, así como aceites gastados y lubricantes, considerados como residuos peligrosos, derivados de su uso para el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría y vehículos. Se debe contar con un programa de manejo integral de estos residuos especiales, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente.
BAJO NEGATIVO	
Colocación de carpeta asfáltica (-74) (Porcentaje acumulativo de los impactos generados: 83.35%)	La colocación de la carpeta asfáltica requiere camiones de carga con el asfalto y operación de la asfaltadora, con presencia de los trabajadores, lo cual afectará la calidad del aire y acústica, puntual y temporalmente; las principales afectaciones son los residuos de asfalto, lubricantes y aceite, que deben incorporarse al programa integral de residuos o reutilizados dentro del mismo asfalto requerido.

Por otra parte, se tiene una categorización de los impactos ambientales positivos, destacando los más significativos como son la integración de áreas verdes y su mantenimiento, servicios adicionales al usuario, sistema de prevención de accidentes, señalamiento, obras complementarias, trazo y delimitación DDV, bacheo, pintura y señalización, limpieza de vegetación ruderal y residuos y la indemnización a propietarios, donde se destaca la exigencia de un permanente mantenimiento, reincorporación de especies vegetales, que repercuten de positivamente en el hábitat, fauna y paisaje. La siguiente tabla muestra las actividades con impactos positivos del proyecto.

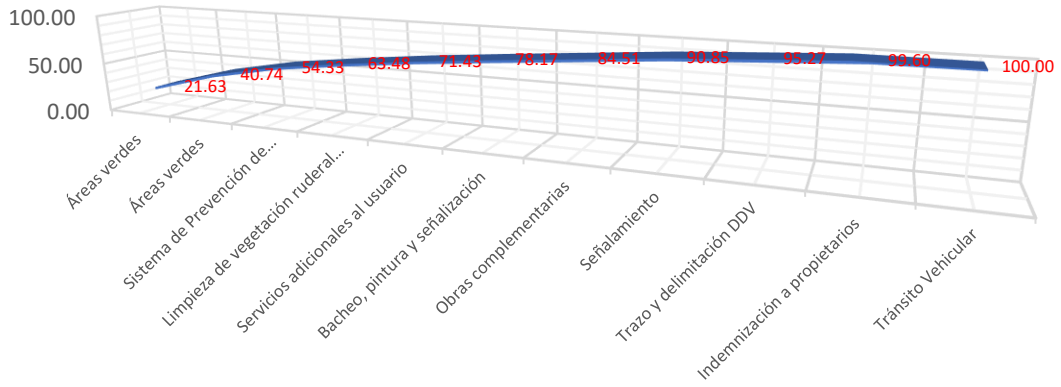
Tabla V. 44. Impactos ambientales relevantes positivos del proyecto.

ACTIVIDADES CON IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS RELEVANTES	PONDERACIÓN	% ACUMULATIVO	CATEGORÍA
Áreas verdes	215.00	21.63	Alto Positivo
Áreas verdes	190.00	40.74	Alto Positivo
Sistema de Prevención de Accidentes	135.00	54.33	Medio Positivo
Limpieza de vegetación ruderal y residuos	91.00	63.48	Medio Positivo
Servicios adicionales al usuario	79.00	71.43	Medio Positivo
Bacheo, pintura y señalización	67.00	78.17	Bajo Positivo
Obras complementarias	63.00	84.51	Bajo Positivo
Señalamiento	63.00	90.85	Bajo Positivo
Trazo y delimitación DDV	44.00	95.27	Bajo Positivo
Indemnización a propietarios	43.00	99.60	Bajo Positivo
Tránsito Vehicular	4.00	100.00	Bajo Positivo

Fuente: PIMEX, 2022.

La gráfica siguiente muestra la acumulación porcentual de los impactos positivos del proyecto.

Gráfica V. 5. Actividades que alcanzan a producir el 100% de Impactos significativos positivos del proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

De esta forma se identificaron **29 Actividades** durante todas las etapas para el proyecto y **43 elementos** del medio natural y socioeconómico sobre los cuales la obra ejerce algún tipo de interacción. Con estas variables se identificaron y evaluaron los impactos ambientales, y de manera subsiguiente se procede a determinar el nivel de impactabilidad del proyecto, que es del 31.43%, del conjunto de actividades analizadas; lo anterior permitirá establecer o diseñar las medidas de mitigación encaminadas a reducir el nivel de afectación sobre cada uno de los elementos ambientales a lo largo de la vida del proyecto.

VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO.

En este contexto, el paisaje se compone por unidades discretas, perceptibles y diferenciables ligadas con los usos de suelo que una sociedad da y acepta para un espacio territorial. Las unidades de paisaje, entonces, se estructuran de acuerdo con una composición de características o rasgos naturales que las hacen claramente distinguibles unas de otras, condición que permite que sean una base territorial para evaluar la oferta de recursos naturales y su manejo para efectos de planeación sectorial y espacial con límites naturales distinguibles al ojo humano.

La situación conceptual considerada es una división espacial del entorno con fines de establecer una demarcación, en este caso el Sistema Ambiental Regional, para poder realizar, bajo límites, un análisis cartográfico de las unidades de paisaje. Para ello se consideraron las escalas de trabajo de 1:7,500 para la cartografía aceptada por la resolución de las imágenes y planos utilizados. Bajo el marco de referencia descrito, se aborda el impacto y riesgo ambiental utilizando un Sistema de Información Geográfica vectorial con lo cual se realiza una cartografía sobre la que se contrastan las propiedades del proyecto. Para este caso se utilizó el programa Arcgis 10.3.

La aplicación de herramientas SIG a la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) potencian la comprensión del entorno y permiten la integración, modelado, análisis y la valoración de los distintos factores que, eventualmente, habrán de interactuar con la obra o actividad propuesta. La utilización del SIG en la valoración del impacto ambiental permite, entre otras cosas:

- Obtener, acopiar y sistematizar la información ambiental.
- Realizar un diagnóstico ambiental documentado.
- Analizar la información ambiental en base a datos numéricos con referencia espacial y temporal lo que permite un mayor nivel de integración y procesamiento.
- Ofrece información detallada, confiable y referida geográficamente.
- Permite el planteamiento de preguntas y ofrece respuestas confiables.

En función de lo anterior se presenta a continuación una valoración de los impactos ambientales a partir del conocimiento del inventario de los elementos naturales documentados utilizando el Sistema de Información Geográfica, esto en virtud de que esta herramienta y método ofrecen una descripción de espacio basada en la cuantificación del conjunto elementos naturales que pudieran ser afectados por la obra pretendida y con ello proveer, y aplicar, las medidas de prevención, mitigación y/o compensación necesarias, pertinentes y específicas para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ESTIMADOS CON MÉTODOS ESPECÍFICOS DE LA RELACIÓN SIN PROYECTO Y CON PROYECTO.

El método que se emplea es el propuesto por Gabriel Ortiz para proyectos en una sola opción de trazo. Este método basa la valoración del impacto ambiental en dependencia de la ponderación del valor relativo dado a los tipos de vegetación, unidades ambientales o de paisaje en función de los siguientes criterios:

- Grado de cobertura.
- Estructura espacial
- Diversidad en la etapa serial de la sucesión.
- Estado de conservación.
- Endemismos.

Según estos criterios se valora cada una de las unidades de 1 al 10.
El procedimiento para extraer el índice de impacto es el siguiente:

Dónde: Su=Es la superficie de las unidades a valorar y V= es el valor de conservación (ponderación).
Sr: Superficie equivalente de las unidades de vegetación consideradas en el ámbito geográfico de referencia. Esta superficie equivalente se extrae de la sumatoria de todas las superficies de las unidades consideradas en la región geográfica estudiada multiplicadas por su correspondiente grado de conservación. El resultado del cálculo del índice es expresado en porcentaje y para su interpretación se ha de tener en cuenta la situación sin proyecto, que debe ser del 100%, a esta situación sin proyecto se le resta el resultado de la estimación con proyecto. Si las pérdidas de superficie equivalente son superiores a un 30% o próximas a un tercio, el trazo del proyecto es inadmisible y, en consecuencia, se debe modificar la propuesta.

Impacto de las actividades para la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto: E.C. (Ixtlahuaca – Naucalpan) Centro Ceremonial Otomí – Llano del Rayo – Jiquipilco El Viejo, Tramo: del Km 0+000 Al Km 4+620 con una meta de 4.6 Km., en el Municipio de Temoaya, Estado de México"

De acuerdo con los Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 Serie VII, el Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto cuenta con una superficie total de 2,231.75 hectáreas, de las cuales de acuerdo con la carta del INEGI Serie VII, el pastizal inducido es el uso de suelo de mayor representatividad con 819.69 hectáreas que equivalen al 36.73%, es decir un poco más de la tercera parte del total, le sigue la agricultura de temporal anual con 708.46 hectáreas que representan 31.74% y el bosque de oyamel abarca 462.73 hectáreas, es decir el 20.73%, mientras el 10.79% restante lo ocupa el bosque de pino-encino con 240.87. Es decir, que existe un gran porcentaje de usos de suelo agropecuarios con el 68.47%.
Estos datos se pueden apreciar en la siguiente tabla y en la subsecuente imagen:

Tabla V. 45. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015).

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
BA	Bosque de oyamel	462.73	20.73%
BPQ	Bosque de pino-encino	240.87	10.79%
PI	Pastizal inducido	819.69	36.73%
TA	Agricultura de temporal anual	708.46	31.74%
Total		**2,231.75**	**100.00%**

Fuente: PIMEX, 2022.

Para el presente análisis se tomaron en cuenta las imágenes satelitales, los vídeos tomados por el dron durante la visita a campo y la misma visita para determinar distintas zonas más específicas del Sistema Ambiental Regional, entre otras, el estado actual de la zona, la vegetación de bosque de coníferas, la infraestructura de transporte, las corrientes de agua, por señalar algunas. Las siguientes unidades de paisaje fueron las que se encontraron dentro del SAR, siendo la más representativa la unidad de paisaje el pastizal inducido con fines pecuarios con el 36.22% que representan 808.36 hectáreas, en orden de importancia le sigue la agricultura con 692.57 hectáreas que equivalen al 30.03%, en tercer sitio se ubica el bosque de oyamel con 458.21 hectáreas que equivalen al 20.53% del SAR, la cuarta unidad de paisaje con 10.73% que son equivalentes a 239.54 hectáreas se trata del bosque de pino-encino. En tanto que, el 1.48% restante lo cubren 5 distintas unidades de paisaje. Estos datos se pueden verificar en la siguiente tabla:

Tabla V. 46. Unidades del paisaje presentes en el SAR.

UNIDADES DE PAISAJE	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
Pastizal inducido	808.36	36.22%
Agricultura de temporal anual	692.57	31.03%
Bosque de oyamel	458.21	20.53%
Bosque de pino-encino	239.54	10.73%
Cauce intermitente	10.32	0.46%
Carretera de terracería	7.85	0.35%
Cauce permanente	5.71	0.26%
Carretera pavimentada	5.51	0.25%
Camino tipo brecha	3.68	0.16%
Total	**2,231.75**	**100.00%**

Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se muestra lo siguiente:

a) El inventario ambiental determinado a escala 1:10,000.
b) La valoración del impacto ambiental, mediante índices de impacto.

Se presenta la cartografía general realizada, a escala 1:10,000, indicando el Sistema Ambiental Regional, con la inserción del trazo existente del camino. El mapa anterior permite conocer el espacio en el que se inserta el proyecto.

RESULTADOS.

Análisis del Coeficiente de Impacto (Ci), incluyendo las unidades de paisaje señaladas anteriormente.

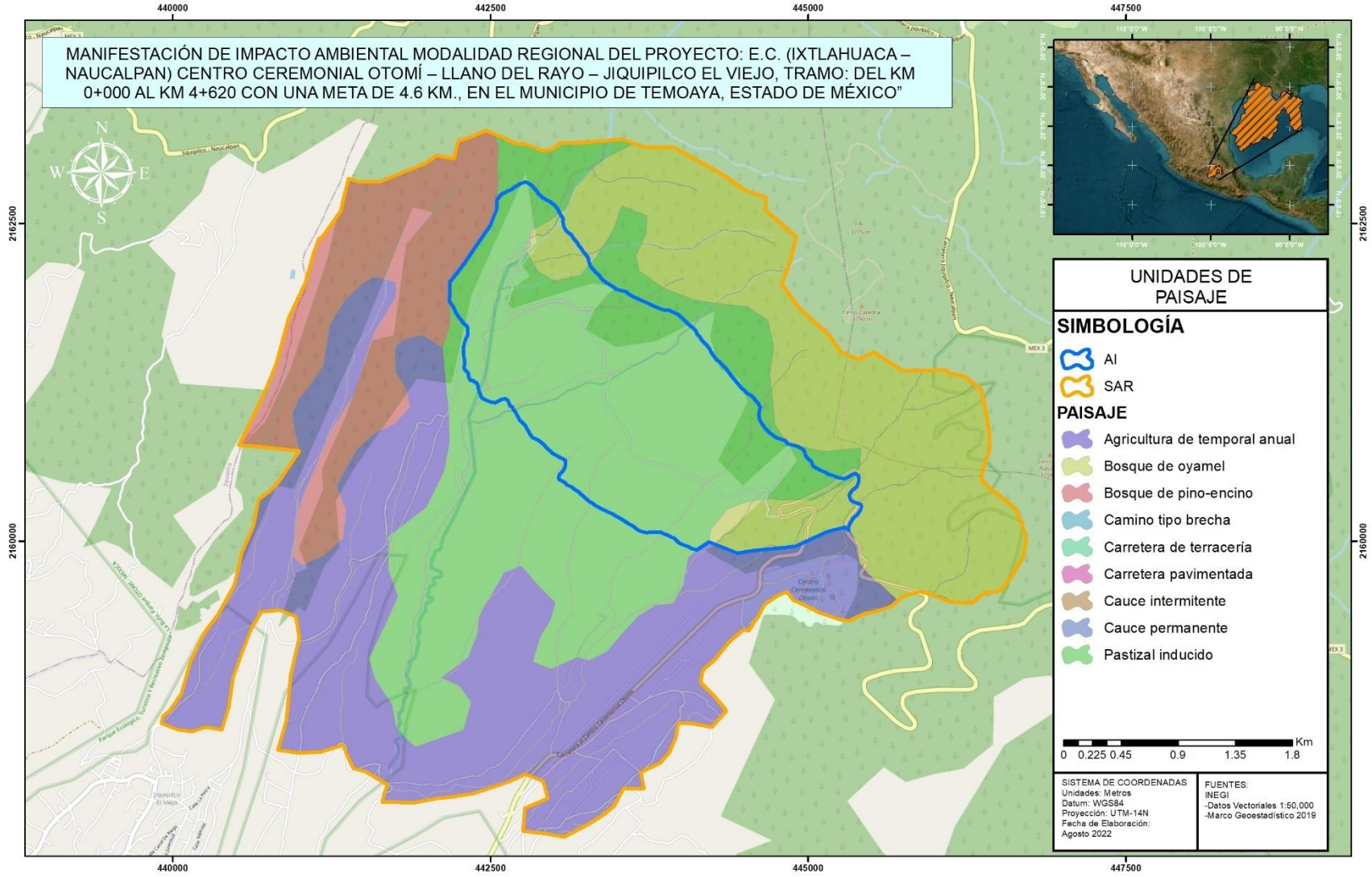
Tabla V. 47 Análisis regional a escala 1:10,000.

Unidades Ambientales	Superficie Ha (Su)	Valor De Conservación (V)	Superficie Equivalente (Se)	Índice De Impacto (Ci) Sin Proyecto
Pastizal inducido	808.36	5	4,041.80	100
Agricultura de temporal anual	692.57	5	3,462.85	
Bosque de oyamel	458.21	9	4,123.89	
Bosque de pino-encino	239.54	9	2,155.86	
Cauce intermitente	10.32	8	82.56	
Carretera de terracería	7.85	5	39.25	
Cauce permanente	5.71	7	39.97	
Carretera pavimentada	5.51	5	27.55	
Camino tipo brecha	3.68	5	18.40	
Total, en la Región	2,231.75		13,992.13	
Total, Superficie Equivalente				
Ci				

Fuente: PIMEX, 2022.

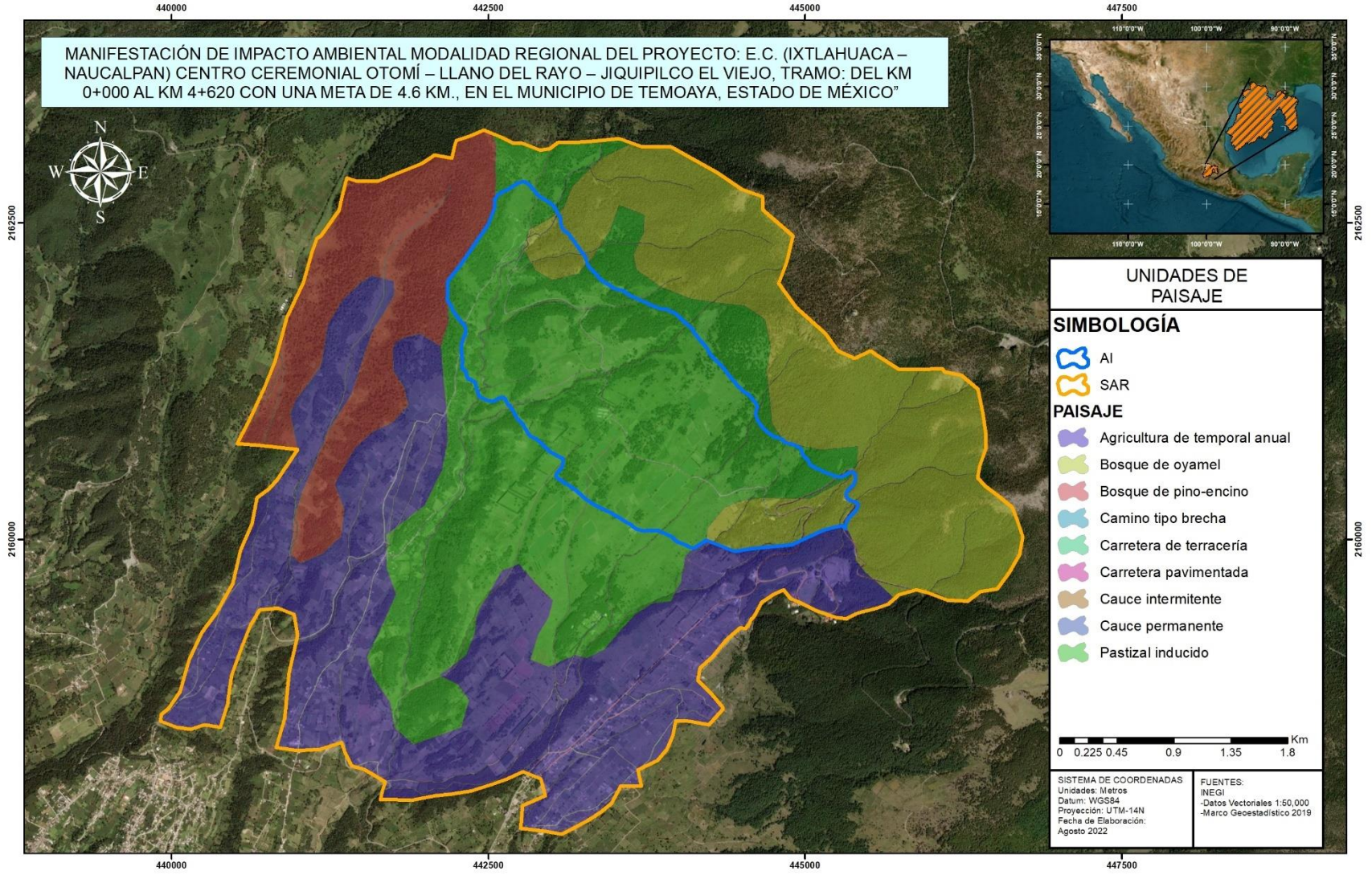
El 100% representa el indicador para la situación sin proyecto.

Imagen V. 14. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen en Google Maps.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 15. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen satelital.



Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se realizará un análisis una vez ingresado el trazo del proyecto, para ponderar la viabilidad y compatibilidad de la propuesta antes de su ingreso, cabe mencionar y recordar que se trata de una modernización de la carretera de terracería existente, es decir la mayor parte de los impactos más significativos ya fueron realizados con anterioridad al presente proyecto. Las siguientes son las unidades de paisaje que serán afectadas por el ingreso del trazo del proyecto:

Tabla V. 48. Afectación Total a las unidades de paisaje.

UNIDADES DE PAISAJE	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE
Bosque de oyamel	0.1127	4.94%
Pastizal inducido	2.1709	95.06%
Total, afectación	2.2836	100.00%

Fuente: PIMEX, 2022.

Como se puede observar en la tabla anterior, la unidad más importante por el ingreso del trazo del proyecto el pastizal inducido con 2.1709 hectáreas que representan el 95.06%, seguido del bosque de oyamel con 0.1127, es decir el 15.97% del SAR. La siguiente tabla evalúa la pérdida de estas unidades de paisaje:

Tabla V. 49. Ponderación regional a escala 1:10,000 una vez ingresado el proyecto.

UNIDADES AMBIENTALES	SUPERFICIE HA (SU)	SUPERFICIE ELIMINADA	SUPERFICIE REMANENTE	VALOR DE CONSERVACIÓN	SUPERFICIE EQUIVALENTE	ÍNDICE DE IMPACTO CON PROYECTO
Pastizal inducido	808.36	2.171	806.19	5	4,030.95	
Agricultura de temporal anual	692.57	0.000	692.57	5	3,462.85	
Bosque de oyamel	458.21	0.113	458.10	8	3,664.78	
Bosque de pino-encino	239.54	0.000	239.54	9	2,155.86	
Cauce intermitente	10.32	0.000	10.32	8	82.56	
Carretera de terracería	7.85	0.000	7.85	5	39.25	
Cauce permanente	5.71	0.000	5.71	7	39.97	96.64%
Carretera pavimentada	5.51	0.000	5.51	5	27.55	
Camino tipo brecha	3.68	0.000	3.68	5	18.40	
Total, en la Región	2,231.75	2.284	2,229.47			
Total, Superficie Equivalente con Proyecto					13,522.16	
Total, Superficie Equivalente sin Proyecto					13,992.13	
Ci						

Fuente: PIMEX, 2022.

Enseguida se muestra el resultado por las obras propuestas para el *"Camino E.C. (Ixtlahuaca – Naucalpan) Centro Ceremonial Otomí – Llano del Rayo – Jiquipilco El Viejo, Tramo: del Km 0+000 Al Km 4+620 con una meta de 4.6 Km., en el Municipio de Temoaya, Estado de México",* a la resolución indicada las superficies de intervención por el proyecto existente.

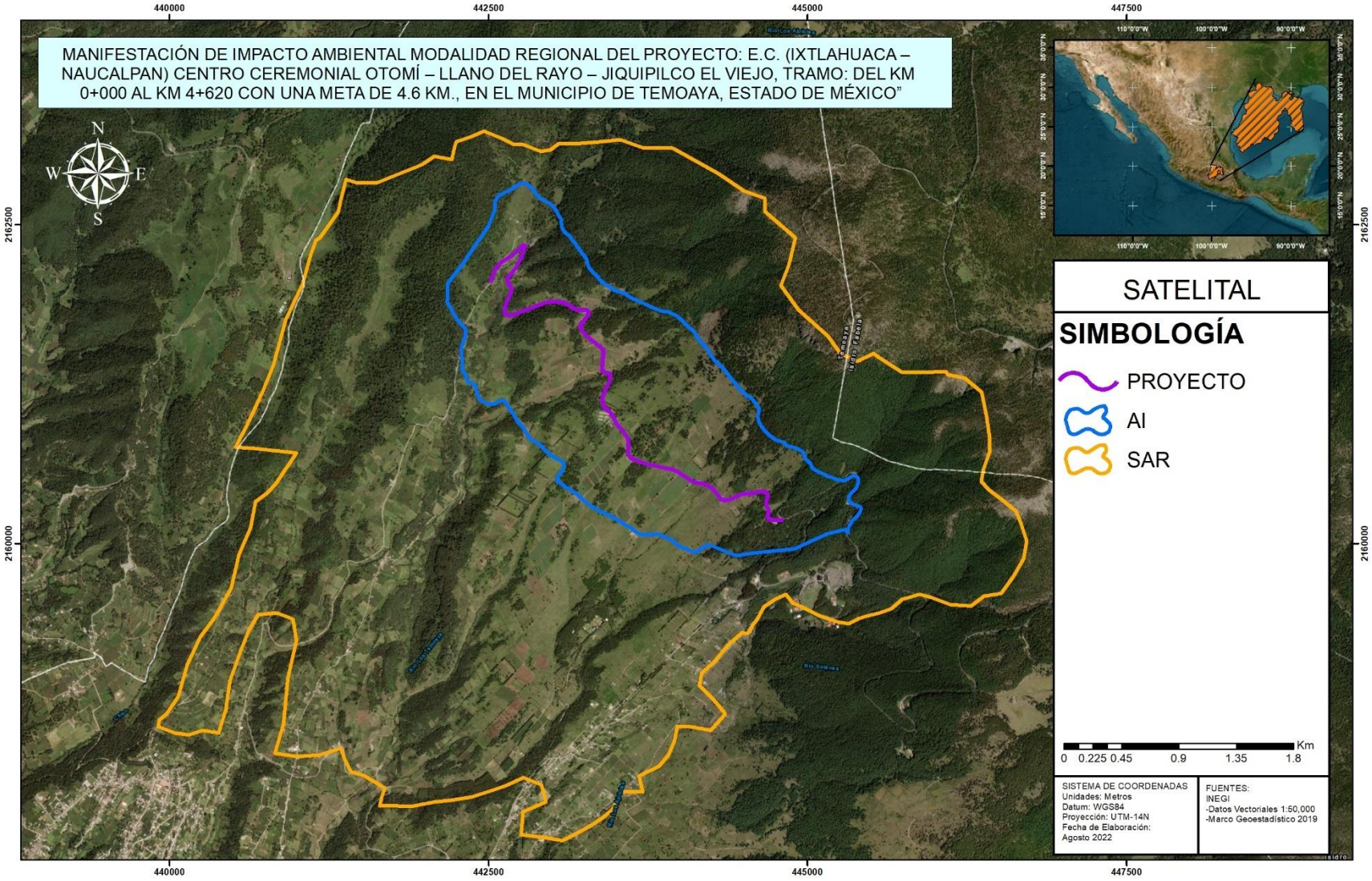
Tabla V. 50. Diferencia de coeficientes de impacto (pérdida de superficie equivalente.

Índice De Impacto (Ci) Sin Proyecto	Índice De Impacto (Ci) Con Proyecto	Diferencia Entre Situación Con Y Sin Proyecto	Diagnóstico
100.00%	96.64%	3.36%	Compatible

Fuente: PIMEX, 2022.

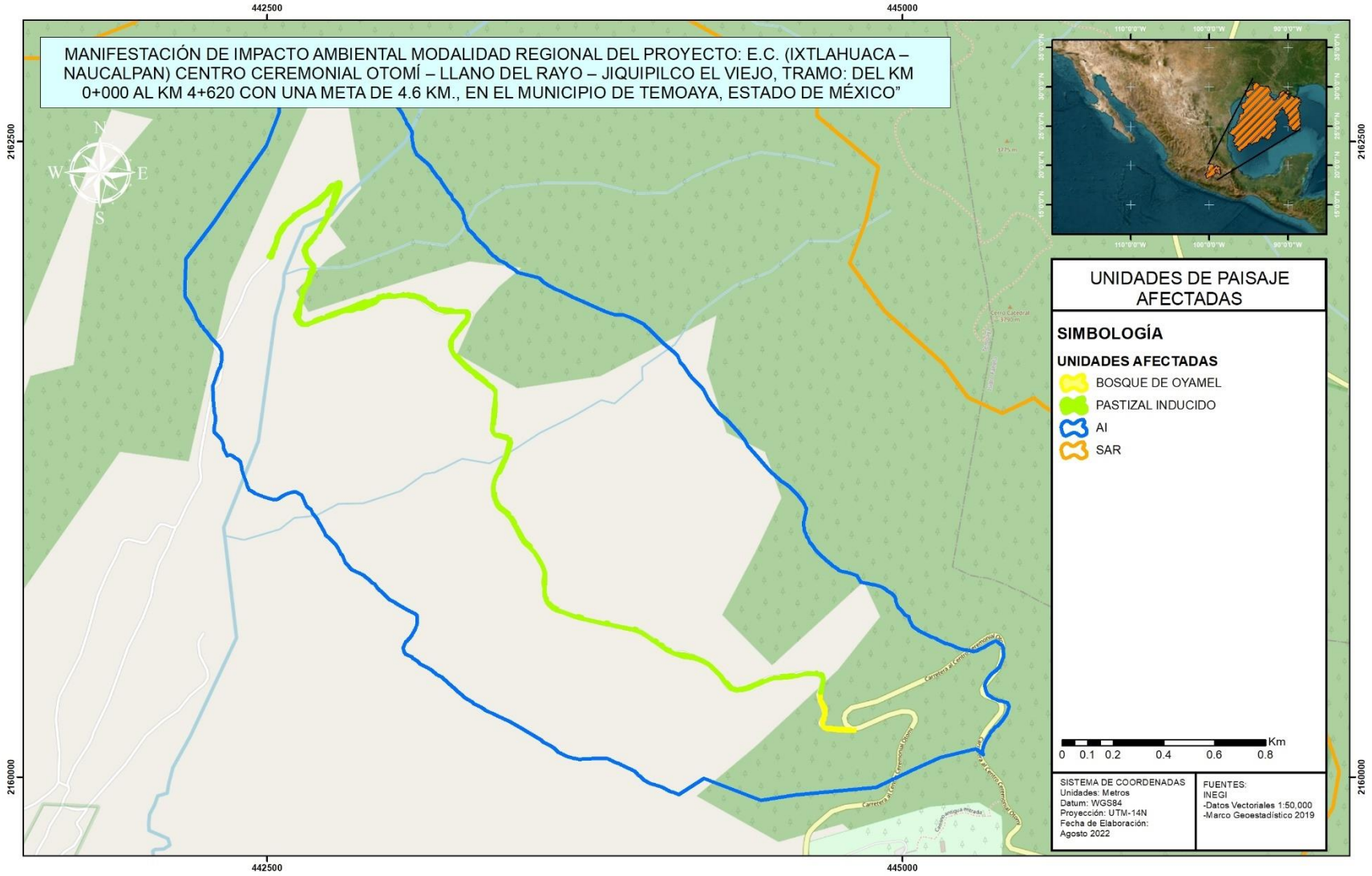
Utilizando este tratamiento se presenta una diferencia de coeficientes del **3.36%** entre la situación sin proyecto y con proyecto existente. Se puede calificar el impacto, así valorado, como **compatible**. Toda vez que se trata de una modernización del camino ya existente, por ello el coeficiente de impacto indican la compatibilidad de esta modificación en el Sistema Ambiental Regional. Huelga señalar que en el Área de Influencia sucede caso similar que, con el SAR, esto es una vez realizado el análisis se presenta un índice de impacto con el proyecto igual a 88.69%, y por consiguiente un **0.66%** en la diferencia entre la situación con y sin proyecto, es decir, el proyecto también es **compatible**.

Imagen V. 16. Imagen satelital de la Modernización de camino.



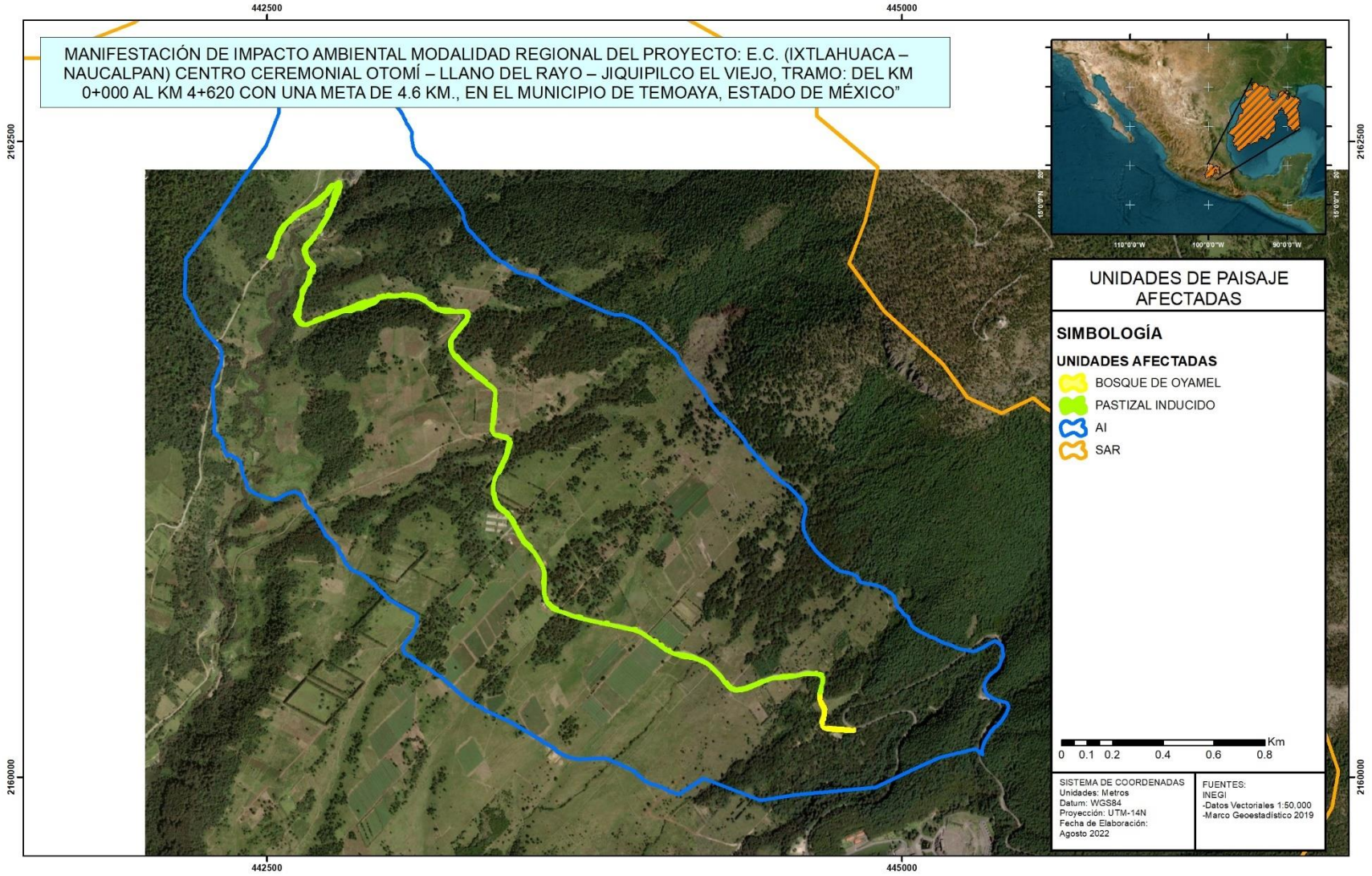
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 17. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen Google Maps.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen V. 18. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen satelital.



Fuente: PIMEX, 2022.

V.4. IMPACTOS RESIDUALES.

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. La identificación de dichos factores se llevó a cabo en función al atributo de la recuperabilidad, por lo que aquellos impactos que no podrán volver a su estado original, aún con la aplicación de medidas son considerados como impactos residuales. Derivado de lo anterior se tiene que el Proyecto generará los siguientes impactos residuales negativos:

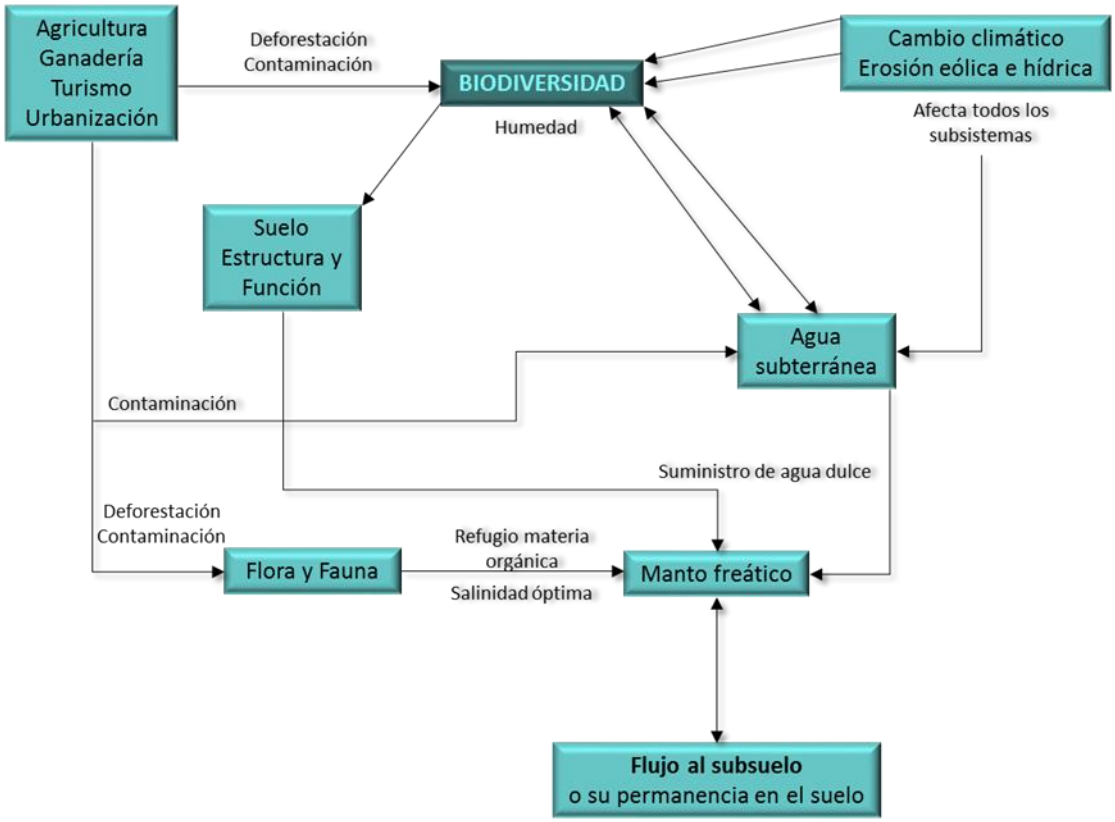
a) Pérdida de cobertura vegetal y uso del suelo.
b) Perdida del hábitat
c) Perdida de la estética del paisaje.
d) Perdida de las características geológicas y geomorfológicas
e) Pérdida de suelos, la excavación y nivelación modifican permanentemente el suelo.

En cuanto a la calidad del aire es un factor que se afecta durante todo el proyecto, y que mantendrá esa afectación de forma permanente con el comportamiento derivado de la dispersión de contaminantes y aportaciones principalmente por flujos vehiculares.

SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUDIERAN PONERSE EN RIESGO.

La Ley define a los **servicios ambientales** como los beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano, (Art. 7, fracc LXI, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). Se define entonces como servicios ambientales a las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas por medio de los cuales la naturaleza y el hombre obtienen algún beneficio. Estos servicios mantienen la biodiversidad y a la vez, ésta brinda servicios ambientales y la producción de bienes tales como alimento, agua, madera, combustibles y fibras, entre otros. Un ecosistema es el conjunto de interrelaciones entre componentes bióticos y abióticos, las interacciones generan procesos propios del sistema como el ciclo de materia y el flujo de energía; estos procesos son dinámicos y abiertos, algunos de ellos medibles en series de tiempo que pueden ser de carácter geológico. El flujo de energía a través de las especies que componen el sistema se estructura en forma espacial y temporal jerárquicamente en tiempo y espacio (Maass et al, 1995; en Martínez, 2003). La eficiencia y permanencia de los procesos depende de la biodiversidad de especies, es decir, la diversidad biológica de un ecosistema es variable. Por biodiversidad se entiende "la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y 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." (Artículo 3, fracción IV de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente). Es decir, es la variedad de vida en la Tierra en todos los niveles, desde genes hasta poblaciones mundiales de una misma especie; de comunidades de especies que comparten una misma pequeña área de un hábitat hasta ecosistemas mundiales. Cuando en una región existen diferentes ecosistemas, se entiende que dicha región está compuesta por subsistemas que establecen entre sí una serie de interacciones que en algunas ocasiones son recíprocas y en otras, constituyen servicios ambientales esenciales para el funcionamiento de otras partes del sistema. Estos servicios incluyen los de provisión, también llamados bienes; los de regulación, que modulan las condiciones en las cuales habitamos y realizamos nuestras actividades productivas; los culturales, que pueden ser tangibles o intangibles pero que dependen fuertemente del contexto sociocultural, y los de sustento, que son los procesos ecológicos básicos.

Imagen V. 19. Diagrama de flujo donde se representan las interacciones entre subsistemas.



Fuente: PIMEX, 2022.

El estudio del estado de los servicios ambientales de un ecosistema particular está limitado por la cantidad de información disponible, la cual está con relación a la importancia relativa que dichos servicios representan para las comunidades humanas (Balvanera, 2009). De acuerdo con lo anterior, las políticas definidas por la autoridad ambiental federal para proteger la biodiversidad en diferentes niveles, considera en particular a los:

- **Ecosistemas** que se caracterizan por tener altos niveles de biodiversidad (riqueza de especies), elevado número de especies endémicas (bajo algún estatus de riesgo), importante flujo de especies migratorias; por su relevancia social a niveles económicos, culturales y científicos, y por ser la unidad de referencia en los procesos y ciclos bióticos y abióticos de nuestro planeta.
- **Especies y comunidades** que se encuentran bajo algún estatus de riesgo, aquellas que han sido domesticadas o cultivadas, también las que tienen un valor agregado del tipo médico, agrícola o social (económica, cultural o científica) y especies indicadoras (de deterioro o conservación).
- **Genotipos** que se refieren al linaje y continuidad de las especies lo cual conlleva un significado social, económico y/o científico.

Con base en lo anterior, la riqueza biótica del área de cambio se describe con detalle en el apartado descriptivo y analítico del medio biótico (capítulo IV de este documento), asimismo, se destaca que el enfoque que se hace de este rubro se centra en la biodiversidad de especies y de ecosistemas, en virtud de que, debido a los alcances del presente estudio, no es posible y no existe información disponible de la biodiversidad a nivel genético. Con base en dicha información, la línea de base que define el **estatus de diversidad biológica bajo un enfoque ecosistémico** equivale a asegurar que los ecosistemas funcionen saludablemente, por lo que al ser evaluados en los apartados correspondientes a fauna y a vegetación se utilizaron indicadores que reportaron proyecciones integrales, no

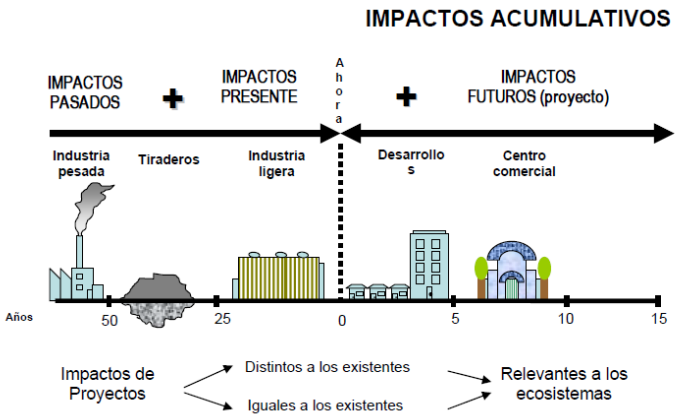
precisadas por límites artificiales. El enfoque ecosistémico adoptado asume una perspectiva de largo plazo soportada en la determinación del estatus de "línea-base de biodiversidad" y en un manejo adaptativo, que considera la dinámica natural de los ecosistemas, lo incierto e impredecible de sus funciones, sus conductas y sus respuestas. Esta fue la estrategia central, con la cual se orientó la integración de este capítulo.

Otra estrategia asumida corresponde al **uso sustentable de los recursos de la biodiversidad**, para ello, la identificación de los impactos ambientales consecuencia del cambio de uso de suelo en los terrenos forestales de las áreas se dirigió a identificar, proteger y promover el uso sustentable de los recursos bióticos, a fin de que se reconozcan los beneficios de la biodiversidad que provee soporte a sistemas esenciales para la vida y los servicios de ecosistemas; así como el costo de reemplazar esos servicios. En una primera aproximación, la cuenca está formada por un grupo de subsistemas que interactúan entre sí, definidos de manera práctica por los tipos de vegetación tales como; bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque de encino-pino, vegetación secundaria y diversos grados de conservación. Cada uno de estos componentes constituye una unidad funcional compleja que incluye sus propias comunidades biológicas y condiciones ambientales particulares. Los diferentes ecosistemas proporcionan un conjunto específico de servicios ambientales, y de la misma manera, entre ellos conforman un equilibrio individual. Por tal motivo es necesario particularizar en los servicios ambientales de los subsistemas en los cuales las áreas incidirán. Para la determinación del valor de los servicios ecosistémicos que proporcionan los subsistemas antes mencionados, particularmente los que serán afectados, se diseñó una metodología que considera el valor general de la calidad de los servicios ecosistémicos que ofrecen los mismos ecosistemas sin tomar en cuenta grado alguno de perturbación, es decir, se valoró la calidad de los ecosistemas prístinos con relación a los servicios ambientales que ofrecen. Por otro lado, se estimó la calidad ambiental de dichos subsistemas en base al mapa de antropización del noroeste del país, con lo que se obtuvo un valor del ecosistema en base a un coeficiente de antropización, sumado a la verificación realizada en campo y los valores de riqueza y diversidad de vegetación estimados. Finalmente, con ambos valores (valor general de la calidad de los servicios, valor máximo ideal en la unidad de análisis) y el valor antropizado del ecosistema (valor estimado de la unidad de análisis) se obtuvo el índice de la calidad de los servicios ambientales.

V.5. IMPACTOS ACUMULATIVOS.

En la evaluación del impacto ambiental es requisito el identificar, evaluar y describir los impactos acumulativos, es por ello por lo que se dedica la presente sección a su análisis. Es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa. El análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la "línea base o cero" originada por efectos aditivos (siguiente imagen). Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del Proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el Proyecto interactúa.

Imagen V. 20. Impactos acumulados.



Considerando que las matrices de interacción y las listas de chequeo tienen como limitante principal la identificación y evaluación de impactos acumulativos, se debe destacar que éstos impactos fueron identificados, con la aplicación de los diferentes métodos empleada, con el juicio de expertos y la interpretación geográfica e incorporados como atributo a valorar para cada impacto en la matriz de Evaluación de Impactos Ambientales, tomando en cuenta la caracterización del SAR, de lo cual se identificaron los siguientes impactos acumulativos negativos, que fueron evaluados en la matriz de Evaluación de Impactos Ambientales y que serán retomados para su análisis dentro de la descripción de impactos presentada a continuación:

- Pérdida mínima de cobertura vegetal.
- Alteración mínima de la geomorfología.
- Pérdida de una superficie reducida de suelo.
- Pérdida de escasos individuos de la vegetación.
- Desplazamiento temporal de fauna silvestre fuera de las zonas del Proyecto.

Para el Proyecto se tienen los siguientes impactos que presentan conectividad y que algunos son resultado de la presencia de otros. De los impactos acumulados se tienen:

Tabla V. 51. Impactos identificados como acumulativos.

IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN	
Pérdida reducida de cobertura vegetal	La pérdida de la vegetación genera en secuencia efectos negativos en el sitio de obra, como son la movilidad de la fauna, o su ahuyentado, si no se utiliza se promueven procesos de erosión en el sitio. Se pierde el hábitat.	Esta característica se presentará donde se amplía el derecho de vía de la carretera.
Alteración mínima del relieve (geomorfología)	Los cambios por las nivelaciones mediante excavaciones, compactaciones y nivelaciones del Proyecto son procesos que difícilmente se busca regresar a su condición inicial y son generalmente la base para obras específicas.	En la zona es necesario ocupar el derecho de vía de la vialidad
Pérdida puntual de suelos	La pérdida del suelo generada durante las actividades de excavaciones, nivelaciones, compactaciones y rellenos del Proyecto.	Se perderá las condiciones del suelo por la modificación del cambio del uso, como se mencionó anteriormente.
Reducción de la biodiversidad	Como consecuencia en forma continua, la pérdida de vegetación, de hábitat para la fauna, obliga que ésta sea ahuyentada a otras zonas, provocando su expulsión en el sitio específico de obra.	Como consecuencia de la perdida de la vegetación y del suelo, así como del incremento de las actividades antropogénicas se pierde la flora y la fauna se desplaza. Se pierden los elementos que conforman el hábitat, sin embargo, es importante señalar que este proyecto generara mayores beneficios que impactos negativos por el objetivo que se le pretende alcanzar.
Disminución de hábitats	Como un efecto producto de la pérdida de vegetación, excavación y ahuyentado de la fauna, se pierden los espacios ocupados por las especies, en un proceso ecosistémico, se pierden los elementos que conforman al hábitat.	Como consecuencia de la perdida de la vegetación y del suelo, así como del incremento de las actividades antropogénicas se pierde la flora y se desplaza la fauna.

IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN	
		Se pierden los elementos que conforman el hábitat y los flujos del ecosistema se ven alterados.

Fuente: PIMEX, 2022.

V.6. CONCLUSIONES.

Al generar el proyecto, se proponen oportunidades de atender los accidentes viales y simultáneamente impulsar las fuentes de empleo desde la fase de preparación del sitio hasta su operación y mantenimiento, haciendo hincapié y puntualizando que se cumplirán los lineamientos necesarios en materia ambiental, para garantizar que su realización sea factible y viable, ya que sus procedimientos de preparación del sitio, construcción y operación buscan minimizar y atenuar cualquier tipo de impacto generado, complementando lo anterior con la aplicación de medidas de mitigación, prevención y compensación que permitirán un desarrollo compatible con su entorno natural. Asimismo, el proyecto se justifica ampliamente por su compatibilidad con el desarrollo local y regional, que demanda este sector de la sociedad, considerándose además la factibilidad con la vinculación con las normas y regulaciones vigentes sobre los usos de suelo establecidas a nivel Municipal, Estatal y Federal. A continuación, se presentan las conclusiones del proyecto:

A. El proyecto que se pretende realizar corresponde a una modernización del camino existente de tipo terracería ampliando el ancho de los carriles, amén de algunas rectificaciones, ocupando la superficie del derecho de vía, con ello se busca incrementar y mejorar la comunicación y la seguridad para los vehículos que circulan por esta vía de comunicación, disminuyendo los riesgos y accidentes vehiculares.
B. Los principales impactos ambientales irreversibles se presentarán en los atributos físicos del escenario ambiental, como son la geomorfología, suelo, y en la parte biótica la vegetación .
C. La mayoría de los impactos ambientales identificados serán de carácter puntual, temporales, reversibles y mitigables, con una escasa posibilidad de generar impactos significativos o acumulativos de importancia, dado que el impacto mayor ya fue realizado al construir la carretera de terracería existente.
D. La obra por incorporar se integra a un escenario el cual ha sufrido alteraciones previas, como la construcción del camino de terracería actual, la sustitución y aprovechamiento de la cobertura vegetal de manera indiscriminada, esto debido principalmente por la deforestación existente en la región provocada principalmente por la presión ejercida por la apertura de áreas agropecuarias, lo que provoca el desplazamiento de la fauna terrestre, aunado a la presencia humana por el uso de vías de comunicación y las zonas agropecuarias de la zona, aunado la cercanía a las localidades de Enthavi y Jiquipilco que se encuentran fuera del SAR.
E. El escenario futuro esperado, es contar con un sitio donde se siga fomentando el uso de vías de comunicación y la oferta de un servicio de mayor seguridad para los vehículos que transitan por la zona.
F. Es necesario establecer programas y acciones para la capacitación ambiental a todos los involucrados, principalmente en las fases previas que corresponde a la preparación y construcción generando un agente importante en la protección de los recursos faunísticos y florísticos locales, que coadyuven a reducir la intensificación de los impactos ambientales identificados.
G. Es necesario establecer controles, como normas y reglamentaciones estrictas a la empresa constructora, a fin de evitar afectaciones innecesarias o irresponsables a los componentes bióticos, vegetación y fauna silvestre, y los atributos físicos, destacando el suelo.
H. Las actividades indicadas en las medidas de mitigación deben iniciarse desde el principio del proyecto, de tal manera que, a la conclusión de la etapa de construcción, muchas de ellas ya muestren un avance considerable de su aplicación.
I. Este proyecto está considerado dentro de los esquemas de sustentabilidad, de tal manera, que es compatible ambientalmente con su espacio físico y con la variable tiempo, lo cual permite tener una visión de su factibilidad ambiental y que ofrecerán múltiples y permanentes beneficios ambientales y sociales,

en consecuencia, de la integración del proyecto se tendrán una mayor seguridad y la disminución de la accidentabilidad en la región adyacente de esta zona federal.

J. El proyecto, es compatible con las políticas en materia ambiental, federales y estatales, establecidos en el Plan de Desarrollo, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

Por todo lo expuesto anteriormente se concluye que el proyecto desde los puntos de vista ambiental, social y económico **ES FACTIBLE.**

Contenido.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES. 3
VI.1. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL 8
VI.1.1. ACCIONES DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA. 16
VI.1.2. ACCIONES DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA. 19
VI.1.3. ACCIONES DE RESTAURACIÓN DE ÁREAS FORESTALES OCUPADAS O AFECTADAS TEMPORALMENTE. 24
VI.1.4. OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SUELOS. 30
VI.2. AGRUPACIÓN DE IMPACTOS DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN PROPUESTAS. 41
VI.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O DEL SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN. 44
VI.4. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL. 47
VI.5. SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO). 57
VI.5. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS. 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI. 1. Recursos forestales valorados para el proyecto. 4
Tabla VI. 2. Impactos identificados a los recursos forestales, flora y fauna. 5
Tabla VI. 3. Medidas de mitigación generales. 6
Tabla VI. 4. Medidas de mitigación por etapa, factor y componente. 7
Tabla VI. 5. Medidas de Mitigación para los impactos generados por las actividades del Proyecto. 8
Tabla VI. 6. Estrategias de mitigación para impactos negativos de acuerdo con la categoría de ecología 12
Tabla VI. 7. Estrategias de mitigación para impactos negativos – Contaminación ambiental. 12
Tabla VI. 8. Estrategias generales de mitigación – Ecología. 13
Tabla VI. 9. Estrategias generales de mitigación – Contaminación ambiental. 13
Tabla VI. 10. Estrategias generales de mitigación - Aspectos estéticos. 14
Tabla VI. 11. Estrategias generales de mitigación - Aspectos de interés humano. 14
Tabla VI. 12. Acciones de protección de flora. 16
Tabla VI. 13. Repelentes químicos para el control de fauna silvestre (Hygnstrom, et al., 1994) 22
Tabla VI. 14. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto. 24
Tabla VI. 15. Cambio Uso de Suelo. 24
Tabla VI. 16. Personal necesario de acuerdo con las actividades que se realizan. 29
Tabla VI. 17. Agrupación de las medidas de mitigación, por tipo de impacto ambiental para el Proyecto. 41
Tabla VI. 18. Características de las medidas de mitigación del Proyecto. 44
Tabla VI. 19. Ejemplo de Plan de Manejo propuesto (Este se modificará conforme a las necesidades) 49
Tabla VI. 20. Seguimiento y control de las medidas generales. 58
Tabla VI. 21. Seguimiento y control de las medidas de mitigación. 59
Tabla VI. 22. Costos de referencia para compensación ambiental 64
Tabla VI. 23. Costo de la planta. 64
Tabla VI. 24. Salario Mínimo. 64
Tabla VI. 25. Número de plantas por hectárea. 64
Tabla VI. 26. Costo por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento 65
Tabla VI. 27. Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. 65
Tabla VI. 28. Información para montos de fianzas. 66

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen VI. 1. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.....39
Imagen VI. 2. Elementos del Programa de manejo y monitoreo ambiental.....51

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Para identificar y evaluar los impactos ambientales, se identificaron los parámetros que presentaron cambios al insertar el proyecto, se puso especial atención a los cambios con valor negativo tomando relevancia aquellos que presentan una severidad del impacto. Para los impactos menores se proponen medidas de mitigación generales y para los clasificados como medios y altos se proponen medidas de mitigación especiales, o más puntuales, por lo que es de esta forma como se presentan las propuestas en este capítulo. Por otro lado, para la generación de las medidas de prevención y mitigación, además de las características observadas en campo descritas en capítulos anteriores, se tomó en cuenta la legislación aplicable al proyecto.

Las medidas propuestas se definen brevemente como sigue:

a. **Medidas Preventivas (Pr).** Estas acciones evitan efectos previsibles de deterioro en el ambiente.
b. **Medidas de Remediación (Re).** Estas acciones tienen como fin contrarrestar los efectos negativos provocados por las actividades del proyecto.
c. **Medidas de Rehabilitación (Rh).** Son programas de conservación y cuidado que se deberán llevar a cabo una vez terminado el proyecto para conservar la estructura y funcionalidad del SAR.
d. **Medidas de Compensación (Cm).** Estas medidas no evitan la aparición del efecto, pero contrapesa de alguna manera la alteración del factor, son aplicadas a impactos irrecuperables e inevitables.
e. **Medidas de Reducción (Rd).** Con la aplicación de estas medidas los daños que se puedan ocasionar al ecosistema serán mínimos.

Es importante que todas las medidas de mitigación se realicen para garantizar que la ejecución del proyecto impacte lo menos posible al ecosistema, y que a mediano plazo pueda llevarse a cabo la implementación de las diferentes medidas de recuperación programadas. Las medidas preventivas adquieren gran relevancia porque su correcta ejecución evitará que ocurran ciertos impactos. Otras medidas que tienen gran importancia son aquellas que mitigarán el mayor número de impactos o los impactos más significativos. A continuación, se presenta una matriz en la que se establecen los compromisos a realizar para prevenir y/o mitigar los principales impactos ambientales de acuerdo con los componentes ambientales que podrían ser directa o indirectamente afectados durante la ejecución del proyecto. Así mismo en esta sección se presentan los componentes (impactos generados), cuya ejecución es prioritaria para lograr los objetivos de la manifestación en cuestión. Promoviendo la conservación y restauración ecológica; desarrollo comunitario y aprovechamiento de los recursos naturales; y capacitación.

RECURSOS FORESTALES EXISTENTES EN EL PROYECTO.

Se define recursos forestales como "La vegetación de los ecosistemas forestales, sus servicios, productos y residuos, así como lo suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales". Y servicios ambientales se definen como "los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otro". Considerando lo dicho, a continuación, se presenta los recursos forestales que pudieran sufrir algún daño por la ejecución del proyecto.

Tabla VI. 1. Recursos forestales valorados para el proyecto.

COMPONENTE	SISTEMA	FACTOR	RECURSO	DESCRIPCIÓN
FLORA Y FAUNA	Biológico	Flora	Vegetación	Este término es referido a todo tipo de vegetación (plantas) que pertenecen específicamente a una región geográfica determinada, sobre todo cuando se trata de plantas endémicas o autóctonas de una zona específica, referido a las plantas que nacen allí y es muy poco probable que se observen en otra región, por sí solas.
		Fauna	Animales	Es el conjunto de animales que son originarios o propios de una región geográfica determinada; se incluye a todas las especies que existen en ese espacio específico, pudiéndose encontrar en un sistema ecológico determinado.
RECURSOS FORESTALES	Físico	Suelo	Materia orgánica	El término "humus", designa a diversas sustancias orgánicas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición y neoformación de materias de origen vegetal, de manera preponderante; tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas, favoreciendo la penetración del agua y retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.
		Agua	Agua en cantidad y calidad	En términos de calidad, distribución en el tiempo y cantidad, para uso urbano, rural, industrial e hidroeléctrico, mediante protección y uso sostenible de acuíferos, manantiales, fuentes de agua en general, protección y recuperación de cuencas y microcuencas, etc.
	Ambiental	Servicios ambientales	Hábitat	Es el espacio que ocupa una población o especie específica, así mismo reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia.
			Biodiversidad	Servicio global sobre el cual se fundamenta la sobrevivencia de los recursos naturales- mediante su protección y uso sostenible, conservación de ecosistemas y procesos ecológicos de los cuales se deriva la diversidad biológica y formas de vida, así como acceso a elementos de la biodiversidad para fines científicos y comerciales.
			Generación de oxígeno	Los árboles, arbustos y hierbas, como todo organismo vegetal, mediante la fotosíntesis absorben el CO_2, fijan el carbono en biomasa (es decir, crecen), y liberan oxígeno.
			Amortiguamiento de fenómenos naturales	La biodiversidad que existe en el Bosque de Encino puede reducir la vulnerabilidad de una zona a los desastres naturales. Es indispensable asegurar la cobertura boscosa y el manejo de las áreas, ya que contribuye a reducir la compactación de los suelos mejorando así su capacidad de absorción, disminuyendo la escorrentía superficial, los deslaves, derrumbes e inundaciones en zonas bajas, ayudando a reducir las condiciones que favorecen los incendios y a proteger contra sequías y la desertización.
			Regulación climática	En la regulación del clima global participan todos los sistemas de la naturaleza: atmósfera e hidrosfera (sobre los océanos), la criósfera (hielo, nieve), litosfera (corteza terrestre) y biosfera. En las últimas décadas, el ser humano (como causante del aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano) se ha convertido en un factor que afecta al clima.
			Captura de carbono	Los bosques almacenan y secuestran carbono, contribuyendo a reducir el calentamiento global mediante la disminución de los gases de efecto invernadero. A través de su gestión sostenible, son importantes sumideros de estos gases, por lo que funcionan como amortiguadores del impacto que ocasionan los cambios climáticos.
			Paisaje	Referida específicamente a la belleza escénica, derivada de la presencia de bosques, paisajes naturales, recursos hídricos y elementos de la biodiversidad, que son los atractivos.

Fuente: PIMEX, 2022.

Enfocándonos específicamente en el proyecto, se puede mencionar que el tipo de vegetación forestal dentro del área del proyecto, así como el recurso suelo son los que más impacto recibirán.

Tabla VI. 2. Impactos identificados a los recursos forestales, flora y fauna.

ACTOR	IMPACTO
RECURSOS FORESTALES	Reducción de la cobertura vegetal.
	Disminución de la cantidad de agua.
	Disminución de la captura de carbono.
	Disminución de generación de oxígeno.
	Alteración de la modulación o regulación climática.
	Desaparición de la protección al suelo.
FLORA	Disminución de la abundancia.
FAUNA	Disminución de la abundancia.
	Desplazamiento de individuos.

Fuente: PIMEX, 2022.

De manera convencional se entiende como medidas contra impactos a todas aquellas acciones realizadas con el fin de prevenir, reducir y remediar la afectación al ambiente. Por lo que el objetivo del presente capítulo se enfoca en las medidas propuestas para contrarrestar los efectos ocasionados por la ejecución del proyecto. Las medidas de mitigación propuestas se consideran como una estrategia de protección y conservación ambiental siendo que las medidas a aplicar han sido enfocadas a las etapas comprendidas del proyecto.

MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

De manera general, independientemente de la etapa de desarrollo del proyecto, deberán llevarse a cabo las siguientes medidas generales de mitigación de impactos negativos identificados.

- ✓ **Evitar el derrame de materiales o sustancias.** Durante los trabajos de operación de maquinaria y camiones, movimiento de vehículos y de personal, durante el desarrollo del proyecto, pueden ocurrir derrames ocasionales y accidentales de sustancias que afecten directamente al suelo y los mantos acuíferos provocando contaminación del agua superficial y ocasionalmente las aguas subterráneas. Se deberán tomar las precauciones para evitar derrames o escurrimientos de materiales, donde destaca asignar un lugar específico y adecuado (con base de cemento u otro material impermeable y resistente) para cambios de aceite y/o carga de combustible, así como efectuar el mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos en talleres especializados fuera del área del proyecto. Asimismo, debe tener cobertizos para el almacén temporal de residuos domésticos, con recipientes separados de orgánicos e inorgánicos, derivados por la presencia de trabajadores en la zona. Los residuos domésticos deben ser conducidos al sitio de disposición final que indique la autoridad local.
- ✓ **Prohibir el acceso a zonas ajenas al proyecto.** Se deberán tomar las acciones necesarias para impedir el acceso en áreas ajenas al proyecto, como áreas de predios aledaños, para evitar algún uso de recursos, o daño a los mismos, así como la perturbación de la fauna silvestre. De la misma manera, debe prohibirse la apertura y utilización de nuevos caminos de acceso, dado que representa la posibilidad de acceder más fácilmente a ciertas áreas y a hacer uso de los recursos de esos sitios que antes eran inaccesibles. Se debe otorgar capacitación y sensibilización ambiental a los trabajadores para evitar afectaciones los recursos naturales; por el contrario, deben ser guardianes de la conservación del proyecto.
- ✓ **Seguimiento riguroso de la normatividad y reglamentación aplicables.** Como una medida de mitigación preventiva y de reducción de impactos, la empresa deberá acatar todas las disposiciones normativas y reglamentarias aplicables en diferentes ámbitos del proyecto.

MEDIDAS PARA CONSERVAR Y PROTEGER EL HÁBITAT EXISTENTE DE LAS ESPECIES DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE DE CONFORMIDAD CON LAS DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES.

Es importante señalar que será un mínimo de vegetación que será extraída con motivo de la implementación del proyecto, por lo que las medidas a tomar para asegurar la conservación y protección del hábitat de las especies de flora y fauna serán realizadas durante el cambio de uso del suelo en la superficie con vegetación forestal.

Las medidas de protección que se tomarán para proteger el hábitat de las especies de flora y fauna silvestre en las áreas aledañas al proyecto son las siguientes:

- Las actividades se iniciarán con un proceso de ahuyentado de la fauna, con bocinas o equipo sonoro, a fin de espantar a los individuos; se procede a revisar la posible existencia de madrigueras a fin de rescatar y reubicar organismos que puedan estar presentes.
- Las actividades solo se realizarán durante el día y terminarán por la tarde, que es cuando comienza la actividad de la fauna silvestre.
- Quedará estrictamente prohibida la extracción de plantas o la captura y extracción de cualquier especie silvestre que se encuentre en la zona del proyecto.
- No será afectada más vegetación, de la que sea estrictamente necesaria.

Lo anterior, dando cumplimiento a las disposiciones y especificaciones establecidas en la NOM-060-SEMARNAT-1994 y NOM-061-SEMARNAT-1994.

Tabla VI. 3. Medidas de mitigación generales.

MEDIDAS DE MANEJO	
1.	Capacitación ambiental en todos sus trabajadores y exigir la capacitación de contratistas que tengan asignadas distintas obras, para el cumplimiento de las medidas previstas y la sensibilización ambiental de los trabajadores.
2.	En caso de presentarse, realizar el rescate de individuos de fauna y flora de sitios bajo afectación y favorecer su preservación especialmente si se encuentren en algún estatus de conservación, en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
3.	Al iniciar las obras deberá permitir el desplazamiento de la fauna de lenta movilidad, realizando un ahuyentado previo.
4.	Establecer como una actividad cotidiana, durante todo el tiempo de duración de la obra a lo largo del trazo del proyecto y en caminos de acceso y cercanías, que el personal induzca el ahuyentado de la fauna, sobre todo la de lento desplazamiento, como reptiles, incluyendo la reubicación de sus madrigueras o nidos, en sitios más conservados.
5.	Establecer a los trabajadores prohibiciones estrictas y sanciones para evitar acciones que afecten a la fauna silvestre, como la caza, captura y compraventa, así como la muerte de cualquier tipo de fauna, incluyendo vegetación existente.
6.	Colocación de señalamientos preventivos para salvaguardar la fauna y flora silvestre.
7.	Durante la práctica de desmonte y despalme, se deben triturar los residuos vegetales depositando y mezclando con el suelo, en la zona adyacente o perimetral al proyecto, aguas arriba, para el enriquecer las condiciones edáficas.
8.	En todas las áreas, realizar la eliminación de la vegetación por medios mecánicos y manuales nunca con métodos químicos, ni quemas de los residuos orgánicos; se deberá evitar el uso de pesticidas.
9.	Efectuar limpieza y retiro de todos los residuos de la obra, domésticos y considerados como peligrosos, de los sitios al concluir las etapas de preparación del sitio y construcción, así como durante la operación y mantenimiento,
MEDIDAS DE PREVENCIÓN	
10.	De manera obligatoria, se debe respetar y cumplir la normatividad vigente, tanto para el caso de residuos sólidos peligrosos y domésticos y emisiones a la atmósfera.
11.	Los camiones que circulen con materiales que emitan polvo, deberán estar cubiertos con una lona.
12.	Circular a baja velocidad para evitar al mínimo la dispersión de polvos ocasionado por el flujo vehicular en caminos de acceso y respetar el límite de velocidad, para proteger los pasos de la fauna.
13.	Se deberá cumplir con la normatividad en materia de ruido.
14.	Aplicar las medidas pertinentes para evitar derrames de aceite, combustibles y otras sustancias que se utilizan en las diferentes actividades en el desarrollo de la preparación del sitio y la construcción.
15.	Utilizar sanitarios portátiles, uno por cada 20 trabajadores, arrendados a empresas especializadas y autorizadas.
MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN	
16.	Desmontar únicamente sobre el sitio donde se construirá la obra.
17.	Despalmar únicamente sobre el sitio donde se construirá la obra y almacenar la capa superficial del suelo, para aprovecharla posteriormente en sitios de restauración ecológica o para acciones de reforestación.
18	Colocar la capa superficial del suelo (máximo hasta los 15 cm de profundidad) de los despalmes en un sitio destinado exprofeso y colocarlo posteriormente en la parte superficial, para utilizarlo en aquellos sitios destinados a la recuperación ecológica, a fin de recuperar la condición orgánica del suelo y favorecer una rápida colonización vegetal.
19	Evitar la alteración de la vegetación y el suelo circundante y en la zona del proyecto; evitar la interrupción de la dinámica hidrológica y la erosión y sedimentación asociados con movimiento del agua.
20.	En actividades realizadas en las obras, cerrar cualquier zanja abierta, para evitar generar obstáculo para la fauna.

21.	Retirar todos los residuos de la construcción, así como piezas y componentes metálicos, recuperación de material ferroso (chatarra) para su adecuada disposición.
22.	Contar y aplicar un programa integral de residuos, tanto domésticos como peligrosos y de manejo especial.
	MEDIDAS DE COMPENSACIÓN
23.	Desarrollar programas de compensación de la vegetación arbórea.
	MEDIDAS DE REHABILITACIÓN
24.	Al finalizar cada etapa de la obra reforestar con especies de la zona, sin utilizar especies exóticas.
25.	En las zonas a reforestar utilizar el suelo producto del despalme, enriquecido con residuos vegetales triturados.

Fuente: PIMEX, 2022.

Las medidas de mitigación por etapa y factor ambiental se presentan en la siguiente tabla.

Tabla VI. 4. Medidas de mitigación por etapa, factor y componente.

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
		PREPARACIÓN EL SITIO Y CONSTRUCCIÓN
Aire	Calidad del aire	Contar con un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.
		Prohibir que vehículos, maquinaria y equipo estén funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes y el consumo de combustible.
	Partículas suspendidas	Se deberán humedecer cuando sean necesario las áreas que se estén trabajando y que puedan generar material particulado.
		Aplicar un programa de mantenimiento preventivo a vehículos manteniendo los registros actualizados.
	Niveles de ruido	La maquinaria, vehículos y equipo contarán con un Programa de mantenimiento preventivo, manteniendo los registros actualizados.
		Utilizar en horario diurno los equipos de mayor emisión de ruido.
		Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir emisión de contaminantes y consumo de combustible
Geología y Geomorfología	Relieve y Micro relieve	Se limitarán las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.
		Se tendrá un control estricto de los materiales para evitar su caída al camino y ocasionar algún tipo de accidente vehicular.
Suelo	Estructura del suelo	Delimitar el área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, con el objetivo de solo afectar la superficie especifica destinada a la preparación del sitio y construcción.
		El suelo retirado deberá colocarse un área sin actividades constructivas, quizás aguas arriba de la zona del proyecto.
	Calidad del suelo	Se elaborará e implementará el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas por incluir en el Plan son: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos.
		Se debe monitorear los posibles derrames de hidrocarburos en área del proyecto.
	Erosión	Aplicar riegos, en caso de ser estrictamente necesarios, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción, en el área del Proyecto.
Hidrología superficial	Calidad del agua	Elaborar e implementar el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas por incluir en el Plan: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos.
		Utilizar letrinas portátiles. Una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.
		Llevar el monitoreo de detección de derrames de productos líquidos en la zona del proyecto.
Vegetación	Estructura y composición	Efectuar el Programa de rescate y reubicación de especies de flora. Efectuar el Programa de compensación ambiental.
Fauna	Abundancia y distribución de las comunidades	Ejecutar el Programa de rescate de fauna silvestre que incluye: • Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificar y mover, en caso de ser factible, nidos y madrigueras • En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías • Realizar acciones para ahuyentar y rescatar las especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. • Realizar la liberación en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos de donde se rescataron los especímenes
	Hábitat	Evitar la afectación de zonas que no sean indicadas para el Proyecto para realizar alguna actividad.
Paisaje	Calidad escénica	No afectar zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique.
		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Aire	Calidad del aire	Tener un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.
		Evitar que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible.
		Mantener en óptimas condiciones de la vegetación natural y la reforestada.
	Partículas suspendidas	Aplicar un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.
		Prohibir que vehículos, maquinaria y equipo estén funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes y uso de combustible.
		Mantener en óptimas condiciones la vegetación y zona de conservación para que absorban la contaminación ambiental.
	Ruido	Se deberá tener un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.
		Evitar que vehículos, maquinaria y equipo se quede funcionando mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible
Suelo	Calidad del suelo	Elaborar e implementar el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en cuanto a la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas del Plan son: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos
		Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos o de otras sustancias en las áreas del proyecto, para evitar su conducción a las escorrentías cercanas.
Hidrología superficial	Calidad del agua	Se llevará a cabo el monitoreo de detección de derrames de hidrocarburos o de cualquier sustancia en la zona del proyecto.
		Contar con un Programa de manejo de residuos sólidos y evitar su disposición en las zonas de escorrentía o en corrientes superficiales.

Fuente: PIMEX, 2022.

VI.1. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

Las medidas de mitigación para el proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla VI. 5. Medidas de Mitigación para los impactos generados por las actividades del Proyecto.

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN A LOS IMPACTOS GENERADOS
Nivelación y rellenos para terracerías.	1. Se intensifica el ahuyenta miento de la fauna, destacando las poblaciones de lento desplazamiento, como reptiles. 2. Asegurar la estabilidad de las plataformas, combinando obras de ingeniería y la pronta integración de vegetación, para evitar deslizamientos de material que afectar la obra o integrar materiales a las corrientes hidrológicas. 3. Aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo pesado, asociado a un manejo integral de los residuos peligrosos y evitar la contaminación del suelo. 4. Aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de transporte de carga utilizados, que deben contar con su verificación federal y cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera. 5. Prohibir y sancionar a los trabajadores que realicen acciones que afecten a la fauna silvestre y la vegetación, quienes primero debieron de haber recibido la capacitación ambiental en materia de protección de los recursos bióticos existentes. 6. Permitir y favorecer durante todo el tiempo de obra y de forma permanente, el ahuyenta miento de la fauna, evitando su captura y muerte. 7. Retirar todo el escombro y residuos de materiales de construcción del sito, propiciando el retorno de condiciones naturales alrededor de la obra. 8. Evitar la acumulación innecesaria de materiales en la cercanía de cauces hidrológicos, procediendo a su retiro, evitando la caída incidental en los cuerpos de agua. 9. Mejorar las condiciones de drenaje superficial integrando drenajes y alcantarillas en los cruces con las líneas de escorrentía, para evitar las posibilidades de producir el potencial "efecto dique" a lo largo de las zonas planas de la trayectoria del Proyecto, así como evitar que se produzcan condiciones que pueden obstaculizar la movilidad de los organismos de la fauna silvestre de lento desplazamiento, como los reptiles, e incluso a los mamíferos. 10. Evitar que permanezca la compactación del suelo, realizando acciones de escarificación en sitios donde hubo mucho paso de equipo y maquinaria pesada.

	11. Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, evitando la disposición directa de los residuos al cauce de los cuerpos de agua o en terrenos baldíos, responsabilizando a la empresa arrendadora a su adecuada disposición final.
Despalme.	1. Establecer áreas definidas para almacenar y conservar la capa superficial de suelo natural removido, principalmente el que proviene de las zonas agrícolas, para ser mezclado posteriormente con residuos vegetales y reutilizado en actividades de rehabilitación ambiental, áreas verdes o revegetación. Es necesario remarcar que dentro del suelo se encuentran semillas en estado de latencia y microorganismos, que lo convierten en un excelente banco de germoplasma. 2. Utilizar el suelo almacenado para la rehabilitación de sitios degradados, incluso en sitios alejados de la zona de obra, como los terrenos de los bancos de material y zonas erosionadas, que posee particular interés para la conservación en la región. 3. Utilizar el material despalmado como base o arrope final de los terraplenes o cunetas o en su defecto sobre las terrazas de las corrientes hidrológicas. 4. La empresa constructora debe aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria, equipo pesado y vehículos, asociado a un manejo integral de los residuos peligrosos y evitar la contaminación del suelo. 5. Evitar la caída de materiales a los cuerpos de agua presente, estableciendo un distanciamiento o una barrera física, de protección entre el área de trabajo y la zona del cauce. 6. Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, en relación de uno por cada 20 trabajadores, evitando la disposición directa de los residuos al cauce de arroyos intermitentes o en terrenos baldíos, responsabilizando a la empresa arrendadora a su adecuada disposición final.
Construcción de los Terraplenes	1. Delimitar estrictamente la superficie a afectar para la construcción de los terraplenes. 2. Asegurar la estabilidad de los terraplenes, evitando deslizamientos de material que puedan alterar la integridad mecánica aguas debajo de los taludes del terraplén. 3. Realizar durante la época de sequía la construcción de terraplenes y plataformas para cruzar las corrientes hidrológicas. 4. Prohibir y sancionar a los trabajadores que realicen acciones que afecten a la fauna silvestre y la vegetación existente. 5. Proteger el derecho de vía con la incorporación de un sustrato fértil y semillas de gramíneas. 6. Establecer controles y límites máximos de velocidad en el trazo de la carretera, sobre todo en la zona urbana, para atender los nodos conflictivos. 7. Integrar suficientes fantasmas, vallas de contención, señalamientos informativos y preventivos en toda la trayectoria del Proyecto. 8. Integrar señalamientos y reductores de velocidad para evitar las posibilidades de accidentes y colisiones vehiculares con el cruce de carretera existente, debido a la potencial afluencia vehicular que habrá de circular por el trayecto del Proyecto. 9. Retirar todo el escombro y residuos de materiales de construcción del sito, propiciando el retorno de condiciones naturales alrededor de la obra. 10. Aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de carga utilizados, que deben contar con su verificación federal y cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera. 11. Evitar las caídas y deslizamientos de materiales ladera abajo, que puede incidir en las obras y de manera especial en el cauce del cuerpo de agua, e incrementar temporalmente los sólidos en suspensión, procediendo a su retiro en caso de una caída incidental. 12. Incluir obras de drenaje y subdrenaje que puedan servir como cruce de la fauna silvestre y evitar la creación de una barrera física que pudiera modificará el drenaje superficial, o fungir como barrera a la fauna silvestre. 13. La empresa constructora debe prohibir a los conductores ocasionar afectaciones a la fauna silvestre y vegetación existente a lo largo de la zona de obra del Proyecto. 14. Durante la temporada de sequía o cuando se genere una gran cantidad de polvos, es importante regar la zona de trabajo. 15. La empresa constructora debe integrar suficientes señalamientos informativos y preventivos a lo largo de toda la ruta recorrida por los vehículos de carga y realizar su mantenimiento periódico. 16. Establecer límites de velocidad a vehículos pesados, sobre todo en la cercanía de las Zonas Urbanas. 17. La circulación y el tránsito de los vehículos de carga deben cumplir con la exigencia de cubrir con lona la caja y respetar los límites de velocidad, principalmente en zonas urbanas. 18. Se debe contar con un programa de manejo integral de estos residuos especiales, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente. 19. Integrar medidas adicionales como incluye el encauzamiento y revestimiento de la línea principal de drenaje de las corrientes intermitentes, garantizando una buena dinámica hidrológica. 20. La empresa constructora debe contar con un programa de manejo de residuos domésticos, integrado al programa integral de residuos, con bitácora, donde se especifique el lugar de almacenamiento temporal y el sitio autorizado para la disposición final. Lo anterior debe incluir la colocación de contenedores en el sitio de obra y su transporte y conducción al relleno municipal. Así mismo debe indicar si se realizarán acciones de reciclaje de residuos, bajo su responsabilidad. 21. La empresa constructora debe contar con su registro como generador de residuos peligrosos, así como un programa de manejo de residuos peligrosos, bitácora autorizada y registrada ante la SEMARNAT, sitio de

	almacenamiento temporal y contrato con la empresa especializada que dará disposición final de los residuos peligrosos. 22. Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, evitando la disposición directa de los residuos al cauce de los arroyos intermitente ubicados en el SAR.
Desmonte de la vegetación.	1. Establecer un programa para la recuperación de material vegetativo y germoplasma de las zonas afectadas para su posterior utilización en un programa de revegetación, considerando las especies aprovechadas por la fauna silvestre y de interés especial. 2. Diseñar un programa de protección y propagación de especies vegetales para la protección y mejoramiento de hábitat a lo largo de la trayectoria del Proyecto, que incluya su reproducción y establecimiento en campo, para compensar el derribo o movimiento de vegetación, donde se puede integrar organismos de la vegetación local. 3. Retirar y/o reubicar la vegetación de manera selectiva, iniciar con vegetación de interés ecológica en caso de encontrarse y de organismos que permitan garantizar su sobrevivencia durante su movimiento. 4. Eliminar la vegetación de forma manual, mediante el uso de motosierra y con un derribo direccional, siempre dirigido hacia el interior del derecho de vía, nunca utilizar maquinaria o sustancias químicas. 5. Retirar la vegetación siempre de manera selectiva, iniciar con la vegetación de uso comercial y de interés para los pobladores o dueños de los predios, posteriormente retirar la vegetación restante. 6. Realizar el troceo de especies suculentas y arbustos en el lugar de caída; posteriormente retirar y triturar la vegetación para mezclarla con el material edáfico derivado del despalme e incorporar esta mezcla en zona de interés, como áreas verdes, sitios degradados o áreas de rehabilitación o mejoramiento ambiental, por ejemplo, taludes y derechos de vía habilitados para el desarrollo del proyecto, sin que obstaculicen las acciones de operación y mantenimiento proyectadas. 7. Evitar la quema de residuos vegetales o residuos domésticos en la zona de trabajo o en la cercanía. 8. Compensar la vegetación que haya sido eliminada integrando nuevos individuos en otros sitios, como áreas verdes, sitios con signos de deterioro, incluso ubicados fuera de la trayectoria del trazo o zona de obra, o en áreas que se encuentren en proceso de recuperación ecológica, como en sitios del banco de extracción de materiales, donde será necesario proceder a su rehabilitación ecológica, bajo la responsabilidad del dueño del banco de materiales. 9. Favorecer la integración de la vegetación, depositando suelo y material vegetal en la superficie adyacente de las zonas de obra, partes bajas de los cortes, taludes de los terraplenes y zonas con signos de deterioro, dado que el suelo funciona como un banco de germoplasma vegetativo. 10. Realizar, al finalizar los trabajos, una campaña de revegetación con especies locales y con la población local, a todo lo largo de la zona de obra, asegurando su sobrevivencia mediante su mantenimiento respectivo. 11. Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, al menos uno por cada 20 trabajadores, garantizando el manejo adecuado de los residuos.
Colocación de base y subbase.	1. Programar estas actividades durante la temporada de estiaje, para evitar las avenidas de agua que obstaculizarían y pueden poner en riesgo a los trabajadores y el desarrollo de la obra. 2. Evitar la caída de materiales al cauce de las corrientes hidrológicas, ya que pudiera provocar taponamientos y alteraciones de la dinámica hidrológica. 3. Realizar los trabajos, asegurando el tráfico libre y seguro de la población y visitantes que tienen la necesidad de cruzar la zona de obra, incluyendo vigilancia en días de trabajo y señalamientos suficientes en días de descanso, reforzadas con señalamientos luminosos durante la noche. 4. Evitar el "efecto dique" de la base y subbase, que pudiera provocar zonas de inundación estacional o afectar el drenaje superficial. Se debe integrar líneas de drenajes en las zonas bajas y adyacentes de la base y subbase, para evitar erosión y socavaciones de sus bases y líneas de escorrentía y simultáneamente garantizar el escurrimiento y dinámica hidrológica superficial. 5. Establecer como una actividad cotidiana, durante todo el tiempo en el trazo del proyecto, el promover el ahuyenta miento de la fauna y la reubicación de nidos y madrigueras. 6. Establecer prohibiciones estrictas y sanciones para evitar acciones, por parte de los trabajadores, que afecten a la fauna silvestre y vegetación. 7. La empresa constructora debe otorgar y comprobar la capacitación ambiental permanente y periódica al personal integrado en todas estas actividades. 8. Dotar de equipo de protección personal y vigilar su adecuado uso, así como incluir letreros donde se señalen las prohibiciones necesarias para evitar algún tipo de accidente. 9. Integrar medidas adicionales durante la temporada de lluvias, para evitar las afectaciones potenciales de ocasionales escorrentías torrenciales extremas sobre el gasto del cuerpo de agua presente, incluyendo el conocimiento de los gastos máximos de las avenidas máximas. 10. Retirar inmediatamente todos los materiales sobrantes de la obra, así como los residuos y favorecer el retorno de la vegetación alrededor de la obra. 11. Si las actividades se realizan durante la temporada de sequía o se propicie la generación de una gran cantidad de polvos, es importante regar las áreas de trabajo. 12. Los residuos de asfalto, lubricantes y aceite pueden ser reutilizados dentro del mismo asfalto requerido. En caso de que no sea posible su reutilización, deben incorporarse al programa integral de residuos peligrosos. 13. Prohibir acciones que afecten a la fauna silvestre y la vegetación existente, como el uso de fuego para eliminar la vegetación, eliminar residuos domésticos o la cocción o calentamiento de alimentos.

	14. Al concluir las actividades asociadas al proyecto se debe retirar la maquinaria y equipo, evitando la caída accidental de contaminantes al suelo. 15. Desarrollar un programa de manejo de residuos domésticos y residuos peligrosos, con la bitácora respectiva, asegurando su almacenamiento temporal y la disposición final por una empresa autorizada. 16. Lo anterior incluye contar con su registro de generador de residuos peligrosos de la empresa constructora ante la SEMARNAT, así como contar con los manifiestos de generación de residuos peligrosos debidamente actualizados y registrados, en el lugar de trabajo. 17. Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, en relación de uno por cada 20 trabajadores, garantizando la disposición adecuada de los residuos generados.
Instalación de infraestructura de apoyo	1. Contar y aplicar un programa integral de residuos, tanto domésticos como peligrosos y de manejo especial. 2. Otorgar capacitación ambiental a todos los trabajadores del proyecto, incluso a quienes permanezcan en los campamentos o trabajen como vigilantes. 3. Establecer a los trabajadores prohibiciones estrictas y sanciones para evitar acciones que afecten a la fauna silvestre, como la caza, captura y compraventa, así como la muerte de cualquier tipo de fauna, incluyendo a la vegetación existente. 4. Colocación de señalamientos preventivos para salvaguardar la fauna y flora silvestre. 5. Dotar de equipo de protección personal y vigilar su adecuado uso, así como incluir letreros donde se señalen las prohibiciones necesarias para evitar algún tipo de accidente. 6. Retirar inmediatamente todos los materiales sobrantes de la obra, así como los residuos y favorecer las condiciones para el retorno de la vegetación alrededor de la obra. 7. Escarificar los terrenos que serán utilizados, para favorecer el retorno de la cubierta vegetal. 8. Utilizar sanitarios portátiles, uno por cada 20 trabajadores, arrendados a empresas especializadas y autorizadas. 9. En todos los frentes de trabajo y a lo largo de toda la trayectoria del proyecto, habrá la generación de residuos de obra, tales como concreto, pintura, asfalto, materiales gravosos, agua para la compactación, restos de soldadura, residuos metálicos, entre otros elementos sobrantes, así como aceites gastados y lubricantes, considerados como residuos peligrosos, derivados de su uso para el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y vehículos. Se debe contar con un programa de manejo integral de residuos, dando cumplimiento a la legislación y normatividad vigente.
Obras de Drenaje y subdrenaje	1. Evitar la modificación el patrón normal de escorrentía, que puede provocar una serie de cambios en la dinámica hidrológica ("efecto dique") y afectaciones por procesos de inundación en terrenos adyacentes. 2. Integrar en las obras de drenaje y subdrenaje cruces de la fauna, con una cubierta de gramíneas en los bordes y taludes del drenaje, conformando un estrato herbáceo que proteja a la fauna menor de sus depredadores 3. En terrenos donde haya escurrimientos intermitentes, se debe integrar un drenaje eficaz de conducción del agua superficial y su escorrentía.
Compactación	1. Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinaria pesada utilizada, con el respectivo programa de manejo de residuos peligrosos. 2. Aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de carga utilizados, que deben contar con su verificación federal y cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera. 3. Otorgar capacitación ambiental a los operadores de maquinaria y equipo pesado, previo al inicio de sus actividades en los distintos frentes de trabajo. 4. Prohibir acciones que afecten a la fauna silvestre y la vegetación por parte de los operadores. 5. Al término de la obra, restituir las características originales de los caminos utilizados, para regresar a sus usos originales; en caso de accesos provisionales que sean demandados por la población local, darle un mantenimiento final y dejar la conservación a los usuarios. 6. Desarrollar un programa de manejo de residuos domésticos y residuos peligrosos, con la bitácora respectiva, asegurando su almacenamiento temporal y la disposición final por una empresa autorizada. 7. Lo anterior incluye contar con su registro de generador de residuos peligrosos de la empresa constructora ante la SEMARNAT, así como contar con los manifiestos de generación de residuos peligrosos debidamente actualizados y registrados, en el lugar de trabajo. 8. Previo a la temporada de lluvias, dar mantenimiento preventivo a los caminos de acceso existentes, para evitar la erosión o denudación de la superficie de rodamiento, así como la socavación ocasionada por corrientes hidrológicas superficiales temporales. 9. Utilizar sanitarios portátiles, uno por cada 20 trabajadores, arrendados a empresas especializadas y autorizadas.

Fuente: PIMEX, 2022.

Adicionalmente a las medidas antes enlistadas el proyecto deberá de contemplar la realización de los siguientes programas: Los programas que a continuación se enlistan se deberán de adecuar y presentar como medidas de mitigación para que se han evaluados por la SEMARNAT, los cuales contendrán los criterios, metodologías y procedimientos, para la correcta ejecución de las acciones necesarias.

- ✓ Programa de rescate y reubicación de flora.
- ✓ Programa de rescate y reubicación de fauna y propuestas para paso de fauna.
- ✓ Programa de reforestación y/o restauración ecológica.
- ✓ Programa de conservación de suelos.
- ✓ Plan de manejo y monitoreo ambiental que incluya las medidas de mitigación contenidas en la MIA-R, Términos y Condicionantes y los programas anteriores.
- ✓ Estudio Técnico Económico para la valoración del monto de la garantía, de acuerdo con los Artículos 51 y 52 del reglamento en materia de la Evaluación del Impacto Ambiental de la LGEEPA.
- ✓ Programa de Residuos.

De tal manera que se dé cumplimiento a las propuestas de prevención, mitigación y/o compensación ambiental de los impactos que podrá generar el proyecto. A continuación, se presentan las medidas de mitigación propuestas para los impactos identificados y se presentan ordenadas de acuerdo con la categoría y parámetro ambiental afectado.

Ecología.

Tabla VI. 6. Estrategias de mitigación para impactos negativos de acuerdo con la categoría de ecología

VEGETACIÓN		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**OBSERVACIONES**
Prevención	Prohibir la extracción de flora silvestre, principalmente aquellas que se encuentren bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010".	Duración: Esta medida será vigente durante todo el tiempo que dure el proyecto. Recursos: se requerirá que el supervisor ambiental junto con los especialistas sectoriales verifique que se siga esta medida Responsable: Supervisor ambiental y especialista.
	Almacenar el material producto de la remoción de vegetación y despalme en áreas sin vegetación nativa, sin pendiente y lejanas a escurrimientos naturales a fin de evitar daño a la vegetación y/o arrastre a corrientes de agua.	Duración: Durante las actividades de preparación del sitio y hasta que sea utilizado en la formación de terraplenes y/o arropes. Recursos: No se requieren recursos extras. Responsable: Supervisor ambiental +residente de obra.
	Prohibir la introducción de flora exótica y verificar que no suceda este evento de forma accidental.	Duración: Todo el tiempo que dure el proyecto. Recursos: No se requieren recursos extras, únicamente la supervisión. Responsable: Supervisor ambiental +especialistas.
	Prohibir el uso de químicos o fuego para el retiro de vegetación en áreas de apertura.	Duración: Los meses en que se realice el retiro de vegetación. Recursos: Ninguno, únicamente la supervisión. Responsable: Supervisor ambiental +especialistas.

Fuente: PIMEX, 2022

Contaminación.

Tabla VI. 7. Estrategias de mitigación para impactos negativos – Contaminación ambiental

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**OBSERVACIONES**
Prevención	Prohibir realizar cualquier tipo de actividad de las etapas de preparación del sitio y construcción durante la noche.	Duración: Preparación del sitio y construcción. Recursos: Ninguno, únicamente la supervisión. Responsable: Supervisor ambiental +residente de obra.
Reducción	En las áreas de instalaciones provisionales y estacionamiento de maquinaria se recomienda la iluminación localizada, evitando la intrusión lumínica.	Duración: Preparación del sitio y construcción. Recursos: Ninguno, únicamente la supervisión. Responsable: Supervisor ambiental +residente de obra.

Fuente: PIMEX, 2022

Estrategias generales de mitigación

Las medidas de mitigación propuestas en esta sección derivan de los impactos identificados, los cuales, si bien representan una afectación mínima, al ser de efecto negativo es importante seguir algunas medidas básicas para su mitigación, así como para la mejor integración del proyecto en el ámbito ambiental y social. Las medidas indicadas se presentan por categoría y componente afectado en las tablas siguientes:

Tabla VI. 8. Estrategias generales de mitigación – Ecología.

VEGETACIÓN		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**OBSERVACIONES**
Prevención	Capacitación a la planta laboral acerca de la flora silvestre de la región e informar que ésta no debe ser extraída, principalmente aquella que tenga alguna clasificación de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Duración: todo el tiempo que dure la obra. Recursos: material de papelería para una capacitación sencilla. Responsable: supervisor ambiental +especialista.
Prevención	Limitar la circulación de vehículos a la Línea de ceros propuesta	Duración: todo el tiempo que dure la obra. Recursos: ninguno. Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
FAUNA		
Prevención	Monitoreo y rescate de herpetofauna previo a las actividades de preparación del sitio y durante la construcción	Duración: etapa de preparación del sitio y construcción. Recursos: Biólogo especialista en herpetofauna + auxiliar. Responsable: Supervisor ambiental +residente de obra.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VI. 9. Estrategias generales de mitigación – Contaminación ambiental.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**VINCULACIÓN**
Prevención	Programación de las actividades de preparación del sitio y construcción evitando la temporada de lluvia, con el fin de evitar arrastre de material a cuerpos de agua o escurrimientos cercanos	Duración: planeación previa al inicio de las actividades. Recursos: ninguno. Responsable: empresa constructora.
Prevención	Instalación de sanitarios portátiles para uso de la planta laboral; en caso de no ser posible la contratación de este servicio se recomienda la instalación de sanitarios secos	Duración: todo el tiempo que dure el proyecto. Recursos: contratación de empresa local para este servicio. Responsable: supervisor ambiental y empresa constructora.
Prevención	Almacenar el material producto del despalme en áreas sin vegetación nativa, sin pendiente y lejanas a escurrimientos naturales a fin de evitar arrastre a corrientes de agua.	Duración: Durante las actividades de preparación del sitio y hasta que sea utilizado en la formación de terraplenes y/o arropes. Recursos: ninguno. Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
CONTAMINACIÓN DEL SUELO		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**OBSERVACIONES**
Prevención	Limitar la circulación de vehículos y maquinaria a la Línea de ceros propuesta a fin de evitar un aumento en el área afectada por la compactación.	Duración: todo el tiempo que dure la obra Recursos: ninguno. Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
Remediación	Remover el suelo donde hayan ocurrido derrames de combustibles y/o aceites para su entrega a una empresa autorizada para su manejo	Duración: construcción y limpieza del sitio. Recursos: herramienta menor (pala, carretillas) y personal. Responsable: supervisor ambiental.
Reducción	En el caso de los residuos urbanos se recomienda instalar tambos o recipientes rotulados para la disposición temporal en los frentes de trabajo y áreas de almacén y talleres. Estos residuos deberán ser llevados al sitio de disposición final autorizado por el municipio	Duración: Preparación del sitio, construcción, limpieza del sitio. Recursos: Se recomiendan tambos con tapa, que son de costo moderado y un confinamiento temporal con techo y piso. Responsable: Supervisor ambiental.
Reducción	Para la disposición temporal de los residuos peligrosos se debe contar con un almacén temporal que tenga las características indicadas en el art. 82	Duración: Preparación del sitio, construcción, limpieza del sitio.

	del Reglamento de la LGPGIR, además los recipientes o tambos para su almacén deberán estar rotulados y su transporte y disposición final será realizado a través de una empresa autorizada por la SEAMARNAT	Recursos: Tambos con tapa rotulados, almacén con suelo impermeable y extintor y la contratación de una empresa autorizada para su manejo. Responsable: Supervisor ambiental.
Prevención	Los sobrantes de mezcla asfáltica deben recogerse y en retornarse a la planta de asfalto, para su reciclado o disposición definitiva.	Duración: Construcción y limpieza del sitio. Recursos: Se requerirá mano de obra y herramienta menor (pala, carretilla), ya considerada dentro del material requerido para el proyecto. Responsable: Supervisor ambiental +residente de obra.
Prevención	Los RP´s como estopas impregnadas, envases de lubricantes, suelo impregnado, aceite quemado, etc., deberán ser depositados en los recipientes indicados en el almacén temporal, y entregados posteriormente a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su manejo y disposición.	Duración: Preparación del sitio, construcción, limpieza del sitio. Recursos: Tambos con tapa rotulados, almacén con suelo impermeable y extintor y la contratación de una empresa autorizada para su manejo. Responsable: Supervisor ambiental.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VI. 10. Estrategias generales de mitigación - Aspectos estéticos.

PAISAJE Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**VINCULACIÓN**
Prevención	Evitar que los vehículos de acarreo circulen con exceso de carga	Duración: actividades de acarreo (aprox. 4 meses). Recursos: ninguno. Responsable: supervisor ambiental.
Prevención	Realizar mantenimiento preventivo de la maquinaria y los vehículos de acarreo, para evitar emisión de gases contaminantes mayores a los límites permitidos en la normatividad correspondiente: NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de motores que usan gasolina como combustible y NOM-045-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de opacidad del humo en vehículos en circulación a diésel	Duración: todo el tiempo que dure la construcción. Recursos: Taller con instalaciones adecuadas para mantenimiento menores. Responsable: supervisor ambiental +residente de maquinaria.
Remediación	En la etapa de limpieza del sitio se deberá descompactar el suelo donde se ubicaron las obras provisionales	Duración: al finalizar la pavimentación (aprox. 2 meses). Recursos: herramienta menor (pala, carretillas) y personal. Responsable: supervisor ambiental.
Prevención	Instalar recipientes para la adecuada disposición de los residuos urbanos, vigilando que sean transportados al sitio indicado por el municipio para su disposición final	Ver tabla "Contaminación del suelo".
Prevención	Instalar recipientes para la adecuada disposición de los residuos peligrosos, vigilando que sean entregados a una empresa autorizada para su manejo y disposición final	Ver tabla "Contaminación del suelo".
Reducción	Establecer un programa permanente de recolección de desechos sólidos dentro del derecho de vía	Duración: operación del proyecto. Recursos: de acuerdo con el organismo operador del camino. Responsable: organismo operador del camino.

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VI. 11. Estrategias generales de mitigación - Aspectos de interés humano.

SOCIOCULTURAL		
TIPO DE MEDIDA	**DESCRIPCIÓN**	**VINCULACIÓN**
Compensación	Dar prioridad al contrato de trabajadores de las poblaciones cercanas.	Duración: previo y durante la obra. Recursos: ninguno. Responsable: empresa constructora.
Prevención	Establecer un sistema de seguridad en las zonas de los frentes de trabajo, para evitar el paso de personas ajenas al proyecto	Duración: todo el tiempo que dure la obra. Recursos: material para instalación de señales. Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
Prevención	Colocar señalamientos preventivos, indicando que se están desarrollando trabajos de construcción, ya que se contempla que el	Duración: todo el tiempo que dure la obra. Recursos: material para instalación de señales.

	camino siga en uso mientras sean ejecutadas las actividades de modernización.	Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
Prevención	Contar con un botiquín de emergencias con el material necesario e indispensable para la protección y curación del personal; así como identificar el centro de salud más cercano a los frentes de obra	Duración: todo el tiempo que dure la obra Recursos: material de curación básico Responsable: supervisor ambiental +residente de obra
Prevención	Proveer al personal con equipo de protección personal	Duración: todo el tiempo que dure la obra. Recursos: cascos, guantes, tapones para oídos, casacas, etc., dependiendo de la actividad a realizar. Responsable: supervisor ambiental +residente de obra.
Prevención	Dar mantenimiento preventivo y correctivo a la superficie de rodamiento una vez puesta ésta en operación	Duración: operación del proyecto. Recursos: de acuerdo con el organismo operador del camino. Responsable: organismo operador del camino.
Prevención	Contar con el equipo necesario y en buen estado para despachar el combustible. Para las actividades de carga y descarga de combustible se deben frenar y bloquear las ruedas de los vehículos.	Duración: preparación del sitio y construcción. Recursos: equipo para combustible. Responsable: supervisor ambiental +residente de maquinaria.

Fuente: PIMEX, 2022

VI.1.1. ACCIONES DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA.

Tabla VI. 12. Acciones de protección de flora.

No.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTOS POR APLICAR	UMBRAL DE ALERTA	UMBRAL INADMISIBLE	ACCIONES PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS
ACCIONES DE PROTECCIÓN DE FLORA					
1	Extracción y rescate de especies.	Extracción de arbustos de hasta 1.50 m de altura y 10 cm diámetro a la altura del pecho, incluye excavación, preparación y protección del organismo, teniendo énfasis en aquellas especies que se encuentren bajo estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.. y/o de alto valor biológico-ecológico y biológico-económico o con potencial debido a su interés económico o uso.	No llevar a cabo las inspecciones y mantenimiento en los periodos establecidos	Mortandad de especies en el sitio de rescate.	Revisión de las técnicas de rescate y aplicar las medidas necesarias para su correcta ejecución.
		Traslado al vivero de organismos extraídos.	No llevar a cabo las inspecciones y mantenimiento en los periodos establecidos	Mortandad de especies en el sitio de rescate.	Revisión de las técnicas de rescate y aplicar las medidas necesarias para su correcta ejecución.
2	Localización de especies susceptibles de rescate y reubicación.	A lo largo del trazo del proyecto se encuentra sitios que presentan diferentes condiciones respecto a su calidad ambiental, de tal forma que solo son considerados aquellos que presentan una condición más natural, y se discriminan las áreas agrícolas y zonas urbanas, las especies susceptibles de ser rescatadas se localizan en varias secciones del trazo, la cual se obtienen mediante su ubicación geográfica.	No llevar a cabo las inspecciones y mantenimiento en los periodos establecidos	Mortandad de especies en el sitio de rescate.	Revisión de las técnicas de rescate y aplicar las medidas necesarias para su correcta ejecución.
3	Construcción de vivero.	Colocación de cerca de 2.20 m. de altura con malla ciclónica de 5 x 5 cm. cal 10 incluye: postes de arranque, línea superior e inferior, fijación mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	Colocación de especies vegetales en un sitio que no cumpla con las especificaciones de un vivero	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
4	Construcción de caseta de vigilancia – bodega (4.00 x 3.00)	Colocación de firme de 12 cm. de espesor, de concreto f'c=200 kg/cm^2 acabado con llana metálica armado con varilla de 3/8" en ambos sentidos, incluye: materiales acarreos, preparación de superficie, nivelación, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.

No.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTOS POR APLICAR	UMBRAL DE ALERTA	UMBRAL INADMISIBLE	ACCIONES PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS
		Colocación de muro de 9.5 cm. de dos caras a base de paneles de yeso para exteriores de 16 mm. de espesor, incluye: estructura a base de postes y canales, punteado con pasta y cinta para exteriores, atornillado a cada 30 cm. sobre los postes, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
		Colocación de lámina pintro r-101, cal. 24, en cubierta metálica, incluye: materiales, acarreos, elevación, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
		Colocación de ventana de 0.90x0.90 m. de aluminio prefabricada, con cristal claro de 3 mm, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
		Colocación de puerta de tambor de 1.00 x 2.10 m. con triplay de pino de 6 mm. y bastidor de madera de pino de primera con peinazos a cada 30 cm. en ambos sentidos, incluye marco sencillo de madera de pino con chambranas, bisagras latonadas, acabado barniz natural, materiales, acarreos, cortes, desperdicios, habilitado, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
5	Mantenimiento del vivero	Asignar personal para realizar las actividades de mantenimiento del vivero.	No llevar a cabo las inspecciones y mantenimiento en los periodos establecidos	Disminución sensible de especies vegetales.	Revisar las causas de mortandad, revisar las acciones realizadas. Reforzar la supervisión de las actividades de mantenimiento del vivero.
6	Construcción del área de germinación.	Colocación de estructura metálica (canal monten), para grandes volúmenes, incluye: materiales, acarreos, cortes, trazo, habilitado, soldadura, aplicación de primer anticorrosivo, montaje, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
		Colocación de lámina 100% acrílica para cubierta, incluye: materiales, acarreos, elevación, fijación, sellado, mano de obra, equipo y herramienta.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.
		Colocación de pintura de esmalte 100 de la marca COMEX, en estructura de perfiles pesados, aplicada con compresora, a dos manos, incluye: preparación de la	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.

No.	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTOS POR APLICAR	UMBRAL DE ALERTA	UMBRAL INADMISIBLE	ACCIONES PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS
		superficie, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.			
7	Transporte de especies a las áreas de plantación	Para el transporte de especies ya sea obtenidas del programa de rescate deben utilizarse contenedor o arpillera, salvo en el caso de aquellas herbáceas que técnicamente puedan ser transportadas a raíz desnuda. El traslado de plántulas, acomodar las plantas en el camión cuidar que los envases sean de las mismas dimensiones, con la finalidad de conseguir un arreglo homogéneo, que permita estibar varias capas, procurar que con el movimiento del vehículo las plantas no se muevan, por ello es necesario ajustar la carga a las dimensiones de la caja del camión, sin apretar los envases, no es recomendable estibar más de dos niveles o capas, sobre todo si el tiempo de traslado es largo y las plantas presentan un buen desarrollo de tallo y hojas, para estibar se van traspaleando los envases de manera que las bolsas de arriba no aplasten a la planta de abajo.	No llevar a cabo la supervisión para la ejecución de la obra.	No llevar a cabo la obra física	Sanciones administrativas al contratista y seguimiento hasta la correcta ejecución de la obra.

Fuente: PIMEX, 2022

VI.1.2. ACCIONES DE RESCATE Y REUBICACIÓN DE FLORA.

Los grupos faunísticos que sirvieron como indicadores de la situación ambiental del SAR para el estudio de impacto ambiental, fueron las cuatro clases de vertebrados terrestres: anfibios, reptiles, mamíferos y aves. Ello partiendo de que son relativamente fáciles de muestrear y que se han tipificado como excelentes indicadores de la estabilidad de una zona determinada. A partir del listado taxonómico de las especies registradas en campo (Cap. IV de este programa), de su estatus de vulnerabilidad, y del conocimiento práctico que los expertos en los distintos grupos taxonómicos tienen sobres los hábitos y capacidades de desplazamiento de las especies registradas, se identificaron aquellas que serán sujetas de las actividades de ahuyentamiento, y las que requerirán captura y posterior liberación. Como primera actividad se deben tomar medidas para minimizar o compensar la perturbación ejercida sobre la fauna durante la construcción; de esta forma se recomienda lo siguiente:

- Coordinar el rescate de animales que se introduzcan en las áreas de trabajo.
- Dotar de Capacitación Ambiental al personal de la obra sobre los procedimientos de protección de la vida silvestre y prevención de la cacería furtiva

Medidas para la dominación del Riesgo de Atropello de los Animales Silvestres. Durante la fase de construcción, vehículos de transporte de material y personal del Proyecto utilizarán caminos temporales y permanentes, que atraviesan sitios ocasionalmente habitados por fauna silvestre. Debido a esto, existe la posibilidad de atropello de los animales, así como de accidentes vehiculares. En la fase de operación, la utilización permanente de la carretera constituye un riesgo de atropello de animales silvestres. Para minimizar o reducir el riesgo de atropello de animales durante la construcción y operación, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas:

- Implementar un estricto control de velocidad en general para todos los vehículos, tanto en la etapa de construcción como durante la operación del Proyecto.
- Diseñar e instalar letreros informativos sobre el cruce de fauna en los tramos correspondientes, a fin de sensibilizar al usuario de la carretera y se incremente el nivel de seguridad vial y obviamente se reduzcan las posibilidades de atropellamiento de la fauna.

Medidas para el Control de la Cacería Furtiva. Existe la posibilidad de que los trabajadores incorporados al proyecto intenten cazar la fauna silvestre que se encuentre dentro de las dentro o cercanas a las áreas de trabajo y/o circulación. Por lo tanto, el objetivo principal de esta recomendación es evitar la disminución o desaparición local de las poblaciones de fauna silvestre por extracción/eliminación directa del hombre durante la etapa de construcción. Con el fin de evitar o minimizar el impacto producido por la caza ilegal, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas durante la etapa de construcción:

- Prohibir a los trabajadores la práctica de cualquier tipo de la cacería dentro del Área del Proyecto, con sanciones estrictas ante su incumplimiento;
- Prohibir o regular el uso de armas de fuego dentro de los predios del Proyecto;
- Colocar letreros de aviso que indiquen la prohibición de la cacería;
- Implementar un Programa de Capacitación Ambiental encaminado a la protección de la fauna silvestre para los trabajadores.

Rescate, rehabilitación y liberación de fauna silvestre. En relación con el rescate, rehabilitación y liberación de fauna silvestre, se debe mencionar que no es una actividad informal y que puede realizarse sin tener conocimientos especializados ni la infraestructura adecuada. Esto lleva a que se ponga en riesgo la integridad física del personal, la vida de los animales y a las poblaciones silvestres. Es importante, al momento de encontrar un animal en el medio silvestre, asegurarse de que realmente necesita ayuda para escapar. Por ejemplo, en varias especies, como algunas aves rapaces, mientras la madre o ambos padres están buscando alimento, dejan a las crías escondidas, y no por eso están abandonadas. Si se saca de su refugio o nido, hay una probabilidad que no salgan adelante y la intervención habrá sido totalmente equivocada. También, algunas veces al capturar animales adultos, existe un

desconocimiento de la conducta de dichas especies. Abstenerse ante la duda puede ser una buena frase para tener en cuenta en estos casos o, al menos, pensar bien antes de actuar. Si después de haber tomado todas las precauciones y observaciones correspondientes, se decide capturar a algún animal para ayudarlo, o manipularlo para ser reubicado, hay que considerar si se tienen los implementos necesarios para manejarlo sin riesgo para las personas ni para él. Los animales silvestres pueden reaccionar de las formas más inesperadas y, hasta el más pequeño, puede provocar una desagradable y dolorosa sorpresa. Por ejemplo, las aves ante una incorrecta sujeción y manipulación, puede terminar en un fuerte picotazo, en una fractura en las alas del ave o en el escape de esta. Ni considerar los daños provocados por un ave rapaz, zorro o felino. Es por esto por lo que los animales silvestres deberían ser manejados, tratados y liberados por personal idóneo que tenga experiencia y considere lo mejor para el animal, sin poner en riesgo a las personas. A las aves en general, hay que tomarlas cuidadosamente para no fracturar las alas y jamás jalarlas de la cola. Lo más conveniente es usar una red o, en su defecto, una manta que permita capturar al ave y meterla en una caja o jaula sin necesidad de manipularla directamente. En el caso de las aves rapaces, hay que tener cuidado con las fuertes garras que usan para defenderse y en los picotazos. En mamíferos medianos, las mordidas y los rasguños son muy peligrosos, por lo que no deben manipularse sin los implementos correspondientes. Estos animales no son muy agresivos y en estado silvestre tienden a esconderse más que a atacar, pero una vez se sienten en peligro o por temor, se transforman en animales muy agresivos que pueden atacar para defenderse. En dichos casos, el personal especializado deberá contar con los implementos y medicamentos para manipular, revisar y trasladar tranquilamente a estos animales. Hay que tener siempre presente que las personas encargadas de realizar este tipo de procedimientos deberán estar vacunados (por ejemplo, contra la rabia) en caso de alguna mordedura y tomar todas las precauciones para evitar el contagio de alguna zoonosis (psitacosis, salmonella, sarna, tiña, etc.). Como regla general, los animales silvestres se sienten más tranquilos cuando se los mantiene en una jaula o caja bien ventilada (el material dependerá de la especie), con poca luz y sin ruidos. Al momento de transportarlos no hay que ponerles agua ni comida ya que, generalmente, les dan vuelta ensuciando y humedeciendo el lugar. Además, por el estrés de la captura y el traslado, la mayoría no consume alimentos ni agua. Esto obviamente si el tiempo de traslado es corto ya que, si el viaje o mantención en jaula es muy prolongado, debe tenerse cuidado con la posible deshidratación del animal, en cuyo caso se deberá procurar los líquidos pertinentes (el criterio es muy importante).

Métodos de manejo de fauna silvestre. Dentro de las técnicas de manejo de la fauna silvestre, destacan las conocidas como "no letales", son las más recomendables debido a que las actividades incluidas, tienen efectos insignificantes tanto la intervención sobre el hábitat como posibles efectos secundarios. Destaca la necesidad de otorgar capacitación sobre los métodos y técnicas adecuadas al personal involucrado directamente en los trabajos de campo, proporcionándoles conocimientos necesarios para que atiendan y resuelvan el problema. Para efectuar el rescate y reubicación de fauna silvestre, en principio es viable aplicar técnicas propuestas por Hawthorne (1987), denominadas de amedrentamiento y de modificación al hábitat, buscando con ello, que las especies de aves y mamíferos y de hábitos cursoriales, se desplacen o ahuyenten, y en caso de especies de lento desplazamiento, principalmente aquellas que se encuentre bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como de especies endémicas, se debe emplear técnicas seguras para su recolección, tanto para los organismos, como para el personal encargado; utilizando para ello, métodos convencionales, tales como: captura manual para lagartijas, ganchos herpetológicos en el caso de serpientes, y en caso de requerirse se podrán utilizar trampas Sherman y Tomahawk para mamíferos de pequeña y mediana talla; una vez capturados los individuos, se procederá a su reubicación en áreas aledañas al área del rescate que cuenten con una mayor cobertura vegetal y/o alejado de los poblados, principalmente hacia la porción Occidental, donde la presencia, y por ende la presión humana, es menor. La finalidad de estas acciones es alcanzar los siguientes objetivos:

- Capturar y reubicar la fauna localizada sobre el trazo del proyecto que, durante las actividades de preparación del sitio, principalmente, y construcción que pudieran verse afectadas, con énfasis en las

especies consideradas de lento desplazamiento o incluidas en algún estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como de especies endémicas o de distribución restringida.

- Realizar el rescate y manejo de fauna silvestre mediante la aplicación de las técnicas de amedrentamiento y modificación del hábitat, con la finalidad de disminuir el número de individuos de fauna silvestre, dirigido principalmente a aves, mamíferos y de hábitos cursoriales, a través de motivar su desplazamiento hacia áreas aledañas con vegetación similar o de mayor cobertura, que se localizan hacia el oeste del trazo del proyecto.
- En caso de encontrar individuos de especies de fauna consideradas de lento desplazamiento o incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como de especies endémicas, realizar su captura y reubicación en sitios que presenten condiciones ambientales similares a los lugares que habitaron originalmente o algún sitio que se tenga destinado para este uso, principalmente en zonas en mejor estado de conservación, donde es menor la presión humana.
- Verificar que los sitios de reubicación de la fauna silvestre reúnan condiciones ambientales similares a aquellas áreas donde fueron rescatados, evitando, en lo posible, la sobrecarga de la población.
- Recurrir a técnicas de captura y manejo encaminadas a evitar el daño y/o estrés de los organismos.

Con la finalidad de propiciar la migración de individuos de especies de fauna silvestre, es necesario recurrir a técnicas de amedrentamiento y modificación del hábitat (Hawthorne, 1987), encaminadas sobre todo a desplazar o ahuyentar especies de aves, murciélagos y mamíferos de hábitos cursoriales, dada su elevada capacidad de desplazamiento. Como se explica en la Sección del Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental del proyecto. A continuación de manera general se mencionan las características de estas técnicas.

- **Amedrentamiento**. - Se genera ruido suficiente, pudiendo utilizar sirenas con diferentes frecuencias y a distintas horas del día, la finalidad es ahuyentar tanto a aves, y mamíferos de mediana y gran talla; se presume que dichas prácticas son capaces de disminuir la diversidad y densidad de especies que tienen una gran capacidad de movimiento, incluso inhibir el establecimiento de nidos de aves.
- **Modificación al hábitat**. -Se espera hacer poco atractivo el lugar para muchas de las especies de mamíferos, consiste en la reducción de la cobertura vegetal y la eliminación de conjuntos de arbustos, malezas y otros residuos. Es importante hacer notar que es innecesario efectuar los cambios drásticos puesto que algunas veces los cambios sutiles son efectivos. Dentro de las modificaciones se incluye la colocación de barreras físicas, que impide el paso de ciertos animales a aquellos sitios que se quieren proteger, como es la colocación de redes de nylon o plástico, cercas de alambre, obstrucción de entradas grietas o túneles (en el caso de roedores). En lo que respecta al grupo de las aves, aunado a la técnica descrita para amedrentamiento, podrían podarse las ramas de árboles y arbustos presentes en el área del proyecto -previo a su remoción total, con el objeto de alterar los sitios de reposo, resultando con ello que la zona sea poco atractiva a la fauna. Durante y al término de la aplicación de estas técnicas de amedrentamiento y modificación del hábitat, se recomienda realizar censos de fauna -dirigido principalmente a aves y mamíferos de mediano y gran tamaño-, con la intención de estimar la densidad poblacional y riqueza de especies. En el caso de las aves, se recomienda realizar una "Búsqueda intensiva", consistente en recorrer el trazo, identificando su presencia a través de cantos, llamados o visualmente; la confirmación de su presencia se efectuará con el uso de binoculares y con la ayuda de guías de campo especializadas (Peterson y Chaliff 1989, Howell y Webb 1995, National Geographic Society 1987).
- **Artefactos electrónicos:** La grabación de las propias llamadas de alarma, alerta o peligro, sobre todo en aves, posteriormente amplificadas o transmitidas, son efectivas para ahuyentar ciertas especies y son útiles tanto en situaciones rurales como en urbanas. La movilidad de las unidades de transmisión de esos sonidos puede incrementar la efectividad de las llamadas. Por otro lado, si se utilizan estaciones estacionarias, un incremento en el volumen normalmente resulta en una respuesta mayor. Los ruidos

producidos por algunos generadores electrónicos de sonido pueden ahuyentar a las especies de interés, pero generalmente no son tan efectivos como la amplificación de gritos o llamadas de alerta grabadas. En este caso a mayor variedad y discordancia de sonidos se tendrá un efecto más notable.

- **Ahuyentadores auditivos:** Se basan en la producción de sonidos no reconocibles por la fauna, consisten en utilizar cuellos de botellas, parcialmente enterrados, en diferentes orientaciones y en lugares expuestos al viento; de esta forma, se producen sonidos al pasar el viento por donde se encuentran los cuellos de botella, sin importar su dirección.
- **Repelentes químicos:** Es una técnica relativamente nueva, parece prometedora para el control de daños por ciertas especies de la fauna silvestre, particularmente depredadores. Diversos repelentes químicos se presentan en forma de sólidos, líquidos, aerosoles o pastas. La naftalina es uno de los repelentes más usados, aunque dependiendo de la especie varía la cantidad requerida y su eficacia. Las recomendaciones se incluyen en el siguiente cuadro.

Tabla VI. 13. Repelentes químicos para el control de fauna silvestre (Hygnstrom, et al., 1994)

Naftalina	Tuzas, ratón, ratones de campo, ardillas de árbol, gatos domésticos, mapache, zorrillos, murciélagos, venados, conejos, aves en general
Polvo de tabaco	Gatos domésticos
Amoniaco	Zorrillos
Aceite de eucalipto, mentol, alcohol isopropílico, aceite de mostaza	Gatos domésticos

Fuente: PIMEX, 2022

Como lineamientos generales en el uso de repelentes químicos, todas las zonas del área problema deben ser tratadas, aunque debe indicarse que, con el tiempo, la efectividad se pierde. Este método tiene como carencia la escasez de expertos en el manejo de feromonas o sustancias biológicas de control, así como la necesidad de evaluar y autorizar, las posibles sustancias a utilizar, por las autoridades correspondientes. Además, es necesario considerar dentro de los costos de esta técnica la construcción de sitios para almacenar estos productos químicos, para que se encuentren fuera del alcance de personas o animales.

- **Trampeo y transferencia**: Este consiste en atrapar animales vivos y removerlos hacia áreas o regiones donde no sea un problema. Este podría aplicarse para los mamíferos medianos y a nivel de poblaciones, como en el caso de los roedores. El conocimiento de la biología de cada especie que signifique un problema es importante para planear el programa de capturas, pues es necesario, para obtener mejores resultados decidir el tipo de trampa (con una puerta, doble puerta, de malla abierta o cerrada, etc.), el cebo (carne, fruta o pescado, etc.), la ubicación de las trampas en el campo (cerca de aguajes, en cañadas, sobre árboles, etc.), la forma de transportar a los individuos capturados (por tierra o por aire), el sitio de liberación (área de distribución normal de la especie y/o subespecie, condiciones favorables del hábitat actual) y las precauciones sanitarias (estado de salud de los individuos) que deberán tomarse. Para poder realizar este tipo de actividades es necesario cumplir los lineamientos legales, como es la obtención del permiso de las autoridades Federales y Estatales para la captura, transporte y liberación, el consentimiento de los propietarios de los terrenos donde se piensa liberar a los animales capturados, lo cual está relacionado con la posibilidad de hibridización, contagio de enfermedades (zoonosis), alteración del hábitat, competencia intraespecífica, entre otros.

Las liberaciones pueden constituir un arma de doble filo ya que, se puede ayudar a un animal para que se reintegre al medio silvestre, pero, a su vez, ir en desmedro de una población completa si no tomamos las precauciones necesarias. Primero, hay que evaluar que el animal que se quiere liberar esté en perfectas condiciones, tanto físicas como conductuales y sanitarias. De no ser así, se está permitiendo que ese animal sea depredado rápidamente, que no sea capaz de alimentarse ni unirse a un grupo (en caso de animales gregarios) y que tenga una muerte

lenta, atentando claramente en contra de su bienestar. Aunque no es lo más correcto, se debe tener en mente y considerar que el bienestar de algunos animales puede involucrar el cautiverio y no su libertad. Por otro lado, se debe asegurar que el animal haya pasado por un periodo de cuarentena con el fin de constatar que no presente ninguna enfermedad que pueda ser transmitida al personal a cargo, a los otros animales o a las poblaciones silvestres una vez liberado. Si no hay seguridad de la condición sanitaria del animal, No debe liberarse, aunque aparentemente esté en buena condición física. Esto es aún más importante considerando que muchos animales son mantenidos en clínicas veterinarias, en casas particulares junto con animales domésticos, zoológicos u otros centros de exhibición, y en centros de rehabilitación donde llegan otros animales enfermos. Aunque el contacto o estadía en esos lugares hayan sido mínimos, siempre debe tener cuarentena y los exámenes correspondientes. Las liberaciones, de hacerse, deben ser considerando la opinión de un grupo multidisciplinario de profesionales, los que evaluarán el lugar de liberación, origen del animal, la evolución durante los periodos de cuarentena y rehabilitación, las condiciones físicas y conductuales, la factibilidad de trasladarlo con éxito, los costos asociados y contar con los permisos necesarios para el traslado y la liberación en un determinado lugar. De esta forma si se llega a proceder a una captura y se tiene contemplada su liberación se deben tener el consentimiento del sitio donde se pretende liberar.

Criterios de selección de especies a rescatar. - Los criterios tomados para elegir las especies a rescatar son principalmente su capacidad de movimiento, categoría de riesgo listada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y distribución restringida, como consecuencia de una estrecha relación con el ambiente. Adicionalmente se considerada a especies de importancia ecológica.

I. **Especies de lento desplazamiento.** Son aquellas especies de vertebrados terrestres, que poseen una baja capacidad de desplazamiento, tal es el caso de anfibios, reptiles y algunos mamíferos pequeños.
II. **Especies consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.** Especies con algún estatus dentro de la norma anteriormente citada.
III. **Endemismos.** Aquellas especies que aparecen listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, catalogada en el estatus de conservación como Sujeta a Protección Especia (Pr).

Especies consideradas de interés ecológico. - De la fauna presente, se sabe que las especies de anfibios presentan una alta sensibilidad a la calidad del ambiente, los otros grupos de vertebrados no son menos valiosos, ya que dentro de ellos se encuentran especies de importancia ecológica que desempeñan una importante función en las comunidades en que viven. Los hay dispersores de semillas, como los roedores; depredadores de pequeños vertebrados, como las serpientes y carnívoros de talla mediana; finalmente, algunas otras especies controlan poblaciones de invertebrados.

Ubicación Actual de las Especies Sujetas a Rescate. El programa de rescate de fauna se debe realizar principalmente en las áreas forestales, que presenten una cobertura vegetal mayor y de igual manera, es de esperarse una mayor presencia de fauna silvestre. Cabe mencionar que, durante el trabajo de campo, no se observó una dinámica faunística de importancia, debido a la presencia humana, que ha intervenido esta región con la carretera existente, caminos de terracería, parcelas agrícolas, pastoreo de ganado menor y, sobre todo, introduciendo fauna doméstica, (perros y gatos), que han provocado el ahuyentamiento de la fauna silvestre. Parte del trazo se encuentra perturbado por actividades antrópicas; se recomienda realizar un previo recorrido de prospección durante la etapa de preparación del sitio, para poder incluir en el programa de rescate y reubicación de fauna.

VI.1.3. ACCIONES DE RESTAURACIÓN DE ÁREAS FORESTALES OCUPADAS O AFECTADAS TEMPORALMENTE.

De la superficie total del SAR (2231.75 ha), solo se ocuparán para el proyecto 4.36 ha, que representan el 0.19 % de toda la superficie del SAR, es decir que el 99.81 % del SAR no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto, en lo que concierne al AI de su área total (440.84 ha) dicha ocupación del proyecto representa el 0.98 %, es decir que el 99.02% del AI no tendrá ninguna interacción ni afectación directa con las actividades del Proyecto destacando que la movilidad de la sociedad y la economía es la que incluirá en ese espacio territorial. Se tiene que el área total ocupada por el proyecto será de 4.36 ha, de las cuales 2.08 ha pertenecen al Camino existente y 2.28 ha corresponden a la superficie a afectar por el trazo del proyecto, de los cuales el Uso de Suelo y Vegetación de Pastizal Inducido ocupa un área de 95.06 % y el Bosque de Oyamel con 4.94 % de dicha área.

Tabla VI. 14. Resumen de vegetación de probable de afectación debido al trazo del proyecto.

TIPO DE VEGETACIÓN DEL SAR A SER AFECTADA POR EL PROYECTO	SUPERFICIE EN EL SAR (HA)	SUPERFICIE EN EL AI (HA)	SUP. OCUPADA POR EL TRAZO (HA)	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL SAR	% DE OCUPACIÓN POR EL PROYECTO EN EL AI
Camino Existente	-	-	2.08	0.093	0.471
Bosque de Oyamel	462.73	54.76	0.11	0.004	0.024
Bosque de Pino-Encino	240.87	-	-	-	-
Pastizal Inducido	819.69	386.08	2.17	0.097	0.492
Agricultura de Temporal Anual	708.46	-	-	-	-
Total	**2231.75**	**440.84**	**4.36**	**0.19**	**0.98**

Fuente: PIMEX, 2022.

Cabe puntualizar que debido a la apertura del proyecto, será necesario solicitar autorización en materia de cambio de uso de suelo por una superficie de 0.11 hectáreas, la cual fue considerada de acuerdo a la definición que establece el REIA en su artículo 3 fracción I que a la letra señala: "Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación", así como, la definición que señala la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDDFS) en su artículo 7, inciso V) que a la letra indica: "Cambio de uso de suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales".

Tabla VI. 15. Cambio Uso de Suelo.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE %
BA	Bosque de Oyamel	0.11	100
	Total	**0.11**	**100.00**

Fuente: PIMEX, 2022.

Es claro que, debido a diversas actividades antrópicas, la zona se con un alto grado de disturbio, con una remoción de la cobertura vegetal natural en décadas pasadas, dieron paso a zonas agrícolas; aunado a esta problemática se presenta una fragmentación del hábitat por el crecimiento urbano disperso presente en la zona. Considerando el Uso de Suelo y Vegetación presente. Es importante priorizar como áreas de restauración aquellas que presentan una condición más natural con la finalidad de tratar de mantener los procesos ecológicos. Sin embargo, de ser posible deberán incluirse principalmente, aquellas con características edáficas viables. Dentro de las Medidas para el Control de la Pérdida de Cobertura Vegetal, durante la etapa de construcción, se deben realizar diferentes acciones para el desmonte, manejo y disposición de la biomasa vegetal, cuyo objetivo principal es contar con procedimientos que orienten las medidas de mitigación a aplicarse durante la limpieza y disposición de la biomasa resultante de la tala de la vegetación existente en la trayectoria del Proyecto. Estas medidas contribuirán a mitigar el impacto producido por la disposición de los desechos vegetales derivados principalmente, de los restos leñosos de la tala de las especies arbóreas. Durante la realización del desmonte y limpieza del área del Proyecto, se deben tomar en cuenta las siguientes medidas:

- ✓ Los límites de las áreas de trabajo deben estar claramente señalados con pintura, estacas o banderillas.
- ✓ Realizar la indemnización respectiva a los afectados, en caso de ser necesario.
- ✓ Durante la construcción se deberá operar el equipo móvil de manera que cause el mínimo deterioro a la vegetación y a los suelos circundantes.
- ✓ Capacitar a los operadores sobre los procedimientos de limpieza de cobertura vegetal.
- ✓ En ninguna circunstancia se depositará vegetación en áreas donde se obstruyan canales de drenaje. No obstante, en algunos casos se podrá utilizar la vegetación como barrera para controlar la erosión.
- ✓ Donde sea necesario realizar podas de árboles, deberán realizarse por personal capacitado.
- ✓ Utilizar parte de la biomasa (troncos y estacas) como disipadores de energía para reducir los efectos de la erosión hídrica.

A continuación, se presenta una descripción de las actividades posibles a ejecutar, así como de los indicadores determinados para el seguimiento y evaluación de las acciones realizadas. La cantidad de personal, materiales y equipo que serán ocupados para su construcción, requiere entre otras, áreas provisionales para la ubicación de oficinas, campamentos, caminos de acceso y una zona para el manejo de agregados; zona de disposición de residuos y; operación de equipo de preparación; depósito y almacén de materiales; patios de estacionamiento; depósito de combustibles y talleres de mantenimiento para maquinaria pesada, vehículos y equipo, de aquí la necesidad de habilitar espacios para instalaciones y áreas operativas, donde desarrollar las actividades propias de toda obra requiere. De donde todos estos espacios preferentemente serán aquellos que se encuentren desprovistos de una cobertura vegetal, como son los terrenos agrícolas y de pastoreo, así como el aprovechamiento de caminos de terracerías y asfaltados que existen en todo el SAR. Para proceder a la elaboración de las acciones de restauración, previamente se debe realizar una visita de verificación en áreas contiguas a la superficie afectada, con el propósito de verificar la composición florística del sitio, además de evaluar si en su caso, sería necesario realizar obra de rehabilitación o recuperación ecológica, de áreas contiguas que presentarán impactos, *per se,* que impidiesen la restitución de la vegetación natural de los terrenos afectados, como puede ser suelos pedregosos o materiales geológicos expuestos. La metodología por emplear para caracterizar la composición florística que existe en las zonas afectadas por el desmonte consiste en el registro de campo de las especies encontradas en toda la trayectoria y de aquellas que estarán sujetas a remoción de la cubierta forestal. Para ejecutar los trabajos de reforestación, se podrán utilizar los ejemplares procedentes de programas como el rescate de flora, pero preferentemente individuos obtenidos de las áreas cercanas al trazo, que serán sujetas a desmonte, para procurar se mantenga la estructura florística existente. No obstante, lo anterior, también se evalúa la opción de plantar en estos sitios, especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con la finalidad de mantener los ejemplares rescatados, en un espacio que permita proporcionarles el mantenimiento que asegure la conservación de especies con estatus de protección.

Acciones Por Realizar.

- ✓ <u>Preparación del área a restaurar.-</u> Para esto cabe resaltar, se tomarán como base los planos de secciones niveladas, que indiquen la condición presente en la topografía de los terrenos afectados, antes de iniciar la remoción de vegetación y del acondicionamiento de espacios para su ocupación temporal; posteriormente como se menciona en diversos trabajos de restauración ecológica, esta actividad resulta decisiva para garantizar el buen establecimiento de las futuras plantaciones en los ecosistemas a restaurar, la preparación del terreno puede realizarse mediante diversas técnicas: Mecanizada, con tracción animal, Preparación manual del terreno o con técnicas combinadas según la complejidad; cabe mencionar que la técnica quedará bien definida de acuerdo al tamaño del área que se destinada para su restablecimiento, así como sus características geomorfológicas. Otro aspecto que se debe considerar es que el área del proyecto se encuentra inmersa en un tipo de vegetación particular. Debido a esta condición climática del sitio, resulta de gran importancia realizar obras para la captación de agua y tener un óptimo

aprovechamiento, esto se puede realizar preferentemente en los sitios que presenten una pendiente ≤ 10°, con esto, se puede obtener una mayor aportación hídrica para la plantación, provocando con ello, una mayor probabilidad de éxito de supervivencia.

- ✓ Repoblamiento forestal multiespecifico con especies nativas. - Consiste en la ejecución de trabajos de reforestación, en aquellos terrenos que previamente hayan sido preparados para dicha actividad, el suministro de especies estará dado en este caso, a partir de la caracterización de la composición florística realizada en el Programa de rescate, y de los ejemplares obtenidos de los suelos que serán sujetos a remoción vegetal con la construcción del tramo carretero. El repoblamiento contendrá varias especies que asemejen la composición regional.
- ✓ Acomodo de material vegetal muerto. - Se buscará el aprovechamiento de todos los recursos existentes, por ello, será importante la ocupación del material vegetal muerto, mediante la formación de cordones de material resultante, el acomodo de estos materiales proporciona protección al suelo, aportación de materia orgánica, evita la erosión hídrica, disminuye el escurrimiento superficial y erosión eólica, incrementando el contenido de humedad en el suelo.
- ✓ Terrazas de seto o cerco vivo. - La implementación de esta acción será importante para evitar la erosión hídrica y eólica, que resulta fundamental para este tipo de ecosistemas semicálidos para el establecimiento de las especies implantadas en el proyecto, por ello, después de conocer el inventario de las especies encontradas en el recorrido del proyecto, es de suma importancia elegir especies nativas.

Para proceder al desarrollo del programa de restauración, previamente se recopilará la información bibliográfica de la vegetación correspondiente en cada tramo, posteriormente se realizará una visita de campo para la verificación de las aéreas encontradas en dicha revisión, se marcarán sitios de muestreo previamente, con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica, en áreas contiguas a la superficie afectada en la zona de construcción, con el propósito de determinar la composición florística del sitio, además de evaluar, si en su caso, será necesario realizar obra de rehabilitación o recuperación ecológica, de áreas contiguas que presentarán impactos degrada torios que pudiesen afectar las obras desarrolladas para restituir la vegetación natural de los terrenos forestales afectados. Para tener una mejor seguridad de la composición florística del sitio se deberá realizar un muestreo el cual se escogerá de acuerdo al tamaño de la superficie designada a restaurar; el muestreo resulta de gran importancia para establecer las asociaciones florísticas (comunidades), los datos de campo se anotaran en formatos tipo, así mismo, se necesitará realizar colecta de material botánico, y su posterior identificación taxonómica, para poder tener una mayor certeza de las especies existentes en el sitio. Un aspecto por considerar es la toma de fotos de las especies para mayor exactitud al momento de ser identificadas por especialistas. El material obtenido deberá ser cotejado e identificado por personal de instituciones (Universidades, Escuelas Agrarias, etc.) como lo es la UNAM y UAM, etc. Una vez obtenidos los datos de las especies se procesarán a fin de determinar especies clave, dominantes, etc. mediante índices de dominancia y abundancia (Matos y Ballete, 2006). Una vez obtenida la composición florística del sitio para ejecutar los trabajos de restauración, básicamente se utilizarán los ejemplares de especies nativas procedentes del programa paralelo de rescate de flora, pero preferentemente individuos obtenidos de las áreas cercanas al trazo del proyecto, que sean especies clave o dinamogenéticas, que serán sujetas a remoción, para procurar que se mantenga la estructura florística determinada en los muestreos. No obstante, lo anterior, también se evalúa la opción de plantar en estos sitios, especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con la finalidad de mantener los ejemplares rescatados, en un espacio que permita proporcionarles el mantenimiento que asegure la conservación de las especies con estatus de protección rescatadas. Se buscará y se considera un mínimo de 10 especies nativas para llevar a cabo el proceso de restauración que se encuentran en la superficie del proyecto y que cumplan con lo antes citado. La densidad de plantación de este proyecto será determinada de acuerdo a la composición de la diversidad florística, de acuerdo al registro de las especies forestales inventariadas, así como a las características de cada especie escogidas para dicho proceso será fundamental, otro aspecto a considerar es la densidad de plantación, señalada para los ecosistemas, en la Tabla del Acuerdo mediante el cual se expiden los

costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación, publicado el 12 de abril de 2006, en el Diario Oficial de la Federación, (la mezcla incluye especies con estatus de protección especificadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, además de individuos definidos en el Programa de Rescate de Flora, como especies de importancia biológico-ecológica). La superficie para la determinación de los polígonos o áreas a restaurar quedará delimitada según el área planeada de construcción del tramo carretero, con apoyo de cartas topográficas, de vegetación y software se delimitará las áreas forestales consideradas a rehabilitar tomando en cuenta la composición florística proveniente del muestreo de vegetación natural primaria o secundaria. Para cumplir con la restauración de la topografía del sitio, será de vital importancia conocer las características de los suelos (salinidad, textura, etc.) donde quedaran implantadas nuestras especies destinadas para la restauración de acuerdo con ello se puede considerar que:

- Los suelos que se consideren de mala calidad deben ser mejorados previamente al establecimiento de especies; principalmente con la incorporación de materia orgánica para asegurar un mayor éxito en este proceso.
- En suelos cuya pendiente sea mayor a 45º se deben construir terrazas y plantar herbáceas que se consideren como especies cubre suelos, que evitan la erosión, así como, ayudan la aportación de materia orgánica, favorezcan el aprovechamiento del agua, ya que en este tipo de ecosistema resulta fundamental

El diseño de plantación para el proyecto será elegido de acuerdo con las características de las especies a implementar, considerando su cobertura vegetal y los recursos hídricos demandantes de las mismas, existen diversas formas de plantación:

- Plantación elevada: Se utilizada en suelos húmedos, pantanosos y pesados.
- Plantación a nivel: Se utiliza en suelos secos, áridos y pendientes con erosión.
- Plantación ahogada: Se utiliza en terrenos llanos o ligeramente ondulados, con buen drenaje artificial.

Considerando lo anterior se tendrá que elegir un método de plantación que se adecue a las especies seleccionadas para la restauración, a la topografía del sitio, así como, el tipo de suelo existente, la distancia entre planta y planta quedará determinada según sus características morfológicas y fisiológicas. Para llevar a cabo la plantación, para un mayor éxito de establecimiento en el mes de julio, poco antes de que el periodo de lluvias este bien establecido; la plantación deberá ser mediante el material vegetativo existente mediante técnicas de propagación vegetativa sexual o asexual de acuerdo a las características de las especies utilizar, en el caso de ser una propagación asexual por estacas, acodos, rizomas, se recomienda que las estas sean de una misma especie deben ser obtenidas de diferentes ejemplares para garantizar la variabilidad de la población, a continuación, se describen las medidas pertinentes para obtener un mayor éxito en este proceso:

1. Rastreo. Previo a la plantación se dará un paso superficial de rastra, para favorecer la infiltración de humedad y asegurar la supervivencia de las plantas.
2. Apertura de cepas. Se abrirán cepas de buen tamaño dado que la baja infiltración del agua de lluvia puede ser limitante en el desarrollo de las especies empleadas en esta zona árida, es recomendable colocar a las plantas por debajo del nivel del suelo, de tal manera que se formen pequeñas hondonadas alrededor de las plantas. Así mismo, es recomendable levantar una barrera semicircular, de unos cuantos centímetros de alto, pendiente abajo de donde se siembre la planta, de tal manera que funcione como un pequeño dique (CONABIO, 2000).
3. Limpieza. Al inicio de la plantación se considera realizar esta práctica para eliminar los residuos que pudiesen resultar por la construcción del tramo.
4. Abono o Fertilización. Se recomienda colocar en cada cepa materia orgánica tierra de hoja puede reducir la desecación del suelo y ayudar en la infiltración del agua. Una vez que se ha plantado el individuo, esparcir el fertilizante elegido en la base de este.

5. Deshierbe. Al principio, dado que el cultivo de estas especies es de este ecosistema perteneciente a zonas húmedas, habrá problemas de malezas, por lo que se sugiere especial atención al respecto. En caso de que existan, lo recomendable es quitar las malezas de manera manual, antes de que éstas produzcan semillas, y dejar la materia orgánica en el suelo; posteriormente, se deben realizar en torno a la planta, durante los tres primeros años y en forma de cajeteo 1 metro de diámetro alrededor de la planta-.
6. Plantación. - De igual manera, los elementos arbóreos empleados en el programa deberán ser plantadas en junio-julio, antes de las lluvias se han establecido plenamente, y una vez que se ha realizado la plantación del arbolado.
7. Traslado. - El transporte de los individuos se llevará a cabo en carretillas, en cajas de madera o en cajas de cartón, procurando no lastimar raíces, tallos y/o espinas (o bien las mamilas o costillas).
8. Trasplante. - Abrir una cepa individual, de aproximadamente con buena profundidad, o de capacidad suficiente de acuerdo con las dimensiones y características del ejemplar a trasplantar. Adicionalmente se tomará en cuenta la pendiente del terreno para favorecer la captación del agua de lluvia y la exposición al sol, se introducirán las raíces completamente, se cubrirán con tierra del mismo lugar, se apisonará la tierra tratando de no compactar demasiado, ni de dejarla muy floja -si queda muy compacta no habrá filtración de agua, ni de oxígeno para las raíces-.
9. Marcado. Conforme se avanza en las labores de reforestación, se señalarán todas y cada una de las plantas reubicadas de manera visible, utilizando cinta flagin de colores, rafia para facilitar la ubicación y localización de los sitios, para su posterior evaluación.

Se identificarán mediante un Sistema de Información Geográfica e imágenes de satélite u ortofotos los sitios adecuados para restaurar o en su caso se solicitará al Municipio del Estado, algunas áreas que consideren de interés para la restauración, en los cuales se realicen las Obras antes mencionadas. Uno de los aspectos fundamentales, sin el cual no se podría llevar a cabo un proyecto de restauración, es el vivero, ya que constituye el sitio donde se producen el material vegetativo para dicho proceso. Para este proceso se buscará uno cercano a la construcción de tramo carretero a no más de 3 horas de distancia debido a que las especies de estas áreas reportadas en la CONABIO sugieren no transportarlas por períodos prolongados. En el caso de requerir la construcción de un vivero temporal diversos autores en manuales de silvicultura sugieren que el mismo debe contar con las siguientes características:

A. Existencia de una fuente de suministro.
B. Existencia de una fuente conveniente de suelo para llenar los recientes requeridos.
C. Contar con una superficie suficiente para sostener al máximo de plantas requeridas con una inclinación aproximada de 5°.
D. Que sea accesible durante todo el año
E. Ubicarlo en una exposición adecuada para las especies que se van a cultivar, en este caso por el tipo de ecosistema semi-cálido la cantidad de luminosidad es de suma importancia.

Para el transporte de especies, ya sea obtenidas del programa de rescate o producidas en el vivero, deben utilizarse contenedor o arpillera, salvo en el caso de aquellas herbáceas que técnicamente puedan ser transportadas a raíz desnuda. Existen varias formas de llevar las plantas al sitio de la plantación, estos dependen de la infraestructura con que se cuente, del medio en que hayan crecido las plantas y de lo alejado y accesible que esté el sitio. El traslado de plántulas, acomodar las plantas en el camión cuidar que los envases sean de las mismas dimensiones, con la finalidad de conseguir un arreglo homogéneo, que permita estibar varias capas, procurar que con el movimiento del vehículo las plantas no se muevan, por ello es necesario ajustar la carga a las dimensiones de la caja del camión, sin apretar los envases, no es recomendable estibar más de dos niveles o capas, sobre todo si el tiempo de traslado es largo y las plantas presentan un buen desarrollo de tallo y hojas, para estibar se van

traspaleando los envases de manera que las bolsas de arriba no aplasten a la planta de abajo. Cuidando además que el tallo y hojas de las que quedan abajo no sufran dobleces o quebraduras. Siguiendo los puntos anteriores se transportará mediante una camioneta cubierta con una lona, y se llevarán a los sitios destinados para la reforestación, en sitios cercanos se llevarán mediante carretillas. Para los Indicadores de desempeño se comienza desde el momento en que se realiza la primera acción de restauración, en ella se deben definir los indicadores de éxito que permitirán evaluar el curso del proceso de recuperación. Para esta finalidad se pueden implementar los criterios de Jordán *et al.* 1987 (Matos y Ballete, 2006). En donde propone cinco criterios para evaluar si la restauración se ha realizado con éxito; estos son:

- Sustentabilidad. El ecosistema restaurado debe ser capaz de mantener su equilibrio y auto sustentarse sin acciones antrópicas.
- Invasibilidad. Es común que los ecosistemas degradados sean invadidos por especies exóticas, a medida que el ecosistema es más natural esta invasión disminuye.
- Productividad. Los niveles de biomasa producidos por el ecosistema restaurado deben ir alcanzando los niveles del ecosistema natural, a medida que estos se recuperen.
- Retención de nutrimentos: Los flujos de nutrimentos y la retención de estos en ecosistemas restaurados deben alcanzar los niveles de ecosistemas naturales conservados.
- Interacciones bióticas. La recuperación de las relaciones interespecíficas ya estudiadas en etapas anteriores debe servir de base para evaluar la recuperación de estas en ecosistemas restaurados, dígase polinizadores, presencia de micorrizas, bacterias, nitrificantes, otra fauna asociada, etc. Además, puede utilizarse la aplicación comparativa (entre patrones conservados y zona restaurada) de índices como: sinantropismo, riqueza de especies, biodiversidad, etc.

Con base en lo descrito en estos puntos se puede establecer si nuestro ecosistema está siendo reparado satisfactoriamente. El personal necesario para este proceso será establecido de acuerdo con las actividades que se deseen realizar, así como el a área que se determine para labores de restauración, en la tabla siguiente se puntualiza el equipo que se puede requerir para dichas labores en una superficie de 3 ha (tomado como parámetro de referencia).

Tabla VI. 16. Personal necesario de acuerdo con las actividades que se realizan.

ACCIONES GENERALES	EQUIPO	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	PERSONAL
Muestreo de la composición florística del área a restaurar	1 geoposicionador, 2 prensas de cartón, etiquetas de identificación, bolsas de papel, tijeras de jardinero, cinta adhesiva.	Se llevará cabo el muestro para determinar la composición florística del lugar.	2 técnico forestal
Preparación del terreno	1 maquina con rastra, 2 carros de volteo.	Se requiere debido a la extensión del proyecto para la reconfirmación y preparación del área restaurar.	El operador de la máquina y un ayudante
Acomodo de material muerto	2 carretillas, 5 palas de cuchara	Se aprovechará el material vegetativo muerto para la aportación de materia orgánica.	1 técnicos más 5 peones
Construcción de terrazas	5 Palas rectas, 5 picos, 5 azadones, 3 cubetas, 2 cintas métricas.	Se construirá cercos vivos para protección del sitio.	1 técnicos forestal más 10 peones
Traslado	1 camioneta de 6 y media.	Se requerirá una camioneta para poder trasportar los individuos del vivero a la zona a restaurar.	1 técnico forestal más 10 peones
Plantación	5 Palas rectas, 5 picos, 5 azadones, 3 cubetas y 2 flexómetros.	La plantación se realizará mediante la técnica adecuada para el tipo de ecosistema.	1 técnicos forestal más 10 peones
Monitoreo	Material menor	Para asegurarse del éxito se deberá monitorear el sitio restaurado.	1 técnico forestal

Fuente: PIMEX, 2022.

La memoria se establecerá de acuerdo con el salario mínimo establecido en la región económica que le corresponda al área del proyecto, además de establecer los precios unitarios con el software Neodata quien hoy en día cubre soluciones debido a su fácil manejo y a su diseño de algoritmos para que todas las operaciones críticas se realicen en el mínimo tiempo. Para verificar que se están incorporando a las áreas restauradas individuos de especies arbustivas y/o herbáceas, se propone efectuar un muestreo a los 6 meses de establecida dicha actividad para un mayor éxito.

VI.1.4. OBRAS DE RESTAURACIÓN DE SUELOS.

El suelo es la base de los procesos físicos, químicos y biológicos que sustentan la diversidad biológica terrestre; de su calidad, estado y conservación depende la continuidad de la producción de bienes y servicios ambientales. En este sentido, el objetivo de esta contribución es introducir de manera general un plan de manejo y las principales características de los suelos del estado, los principales procesos de deterioro a los que está sujeto, así como delinear algunos puntos que deben considerarse para elaborar una estrategia para su conservación. De las propiedades físicas del suelo la más sensible al deterioro es la estructura que, a su vez, influye de manera muy directa sobre el resto, como son la permeabilidad, drenaje y erosionabilidad del suelo. Por otra parte, las principales actividades agresivas que afectan la calidad del suelo se pueden mencionar a la tala y deforestación indiscriminada, el sobrepastoreo y diferentes prácticas agrícolas mal realizadas.

Objetivos.

- ✓ Establecer, con carácter de obligatorio, las características técnicas para la construcción de obras y prácticas de conservación y restauración de suelos, para una acertada ejecución de los proyectos.
- ✓ Precisar la información generada y empatarlas con las reglas de operación vigentes en México.
- ✓ Realizar acciones de conservación y restauración de suelos forestales, que consisten en prácticas y obras para controlar la degradación del suelo o rehabilitarlo.
- ✓ Mencionar las especificaciones técnicas para los recursos forestales no maderables de clima árido semicálido con importancia económica.
- ✓ Establecer lineamientos para el manejo de los residuos de suelo resultante del proceso de preparación del sitio, construcción y abandono.

Alcances.

Integración de un documento que comprenda criterios, metodologías y procedimientos que deberán ser desarrollados, para la correcta ejecución de obras para la conservación y restauración de suelos; y dar cumplimiento las propuestas de prevención, mitigación y/o compensación ambiental de los impactos que podrá generar el proyecto de construcción de la modernización de la carretera.

- ✓ Identificar aquellos sitios potenciales para la implementación de obras de recuperación de suelo a lo largo del trazo del proyecto.
- ✓ Implementar las obras adecuadas y necesarias que permitan la restauración del suelo.
- ✓ Monitoreo de las obras y acciones desarrolladas para la restauración de suelo.
- ✓ Verificar e implementar las acciones para el correcto establecimiento y permanencia de las obras realizadas.

Se define al suelo como un cuerpo natural localizado en la superficie terrestre que soporta o es capaz de soportar plantas en forma natural. El suelo es no permanece quieto es dinámico, cambia con el tiempo y en el espacio, contiene material mineral y/o orgánico no consolidado que ha sido sujeto a factores. Un suelo difiere del material del cual se ha formado en características físicas, químicas, biológicas y morfológicas (SSSA, 1997), citado en (Bautista *et al*., 2004). Es un importante componente de los ecosistemas, no únicamente por ser el substrato de los productores primarios, sino que es igualmente elemental puesto que en él tienen lugar significativos procesos

físicos como la infiltración y escurrimiento -del ciclo hidrológico-, a la vez es el medio donde se desarrollan y mantienen poblaciones complejas de microorganismos que hacen posible el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos esenciales para el mantenimiento de la vida, y en suma porque de su estabilidad depende la productividad biológica de los ecosistemas terrestres. Por otra parte, el suelo puede definirse, de acuerdo con el glosario de la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (1984), como el material mineral no consolidado en la superficie de la tierra, que ha estado sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales (material parental, clima, macro y microorganismos y topografía), actuando durante un determinado periodo. Es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos. Además, el suelo juega un papel ambiental de suma importancia, ya que puede considerarse como un reactor bio-fisicoquímico en donde se descompone material de desecho que es reciclado dentro de él (Hillel 1998). El suelo es el recurso más intensamente utilizado por el hombre, ya que se encuentra relacionado con prácticamente todas sus actividades desde la producción de bienes y servicios básicos, hasta la construcción y desarrollo de culturas enteras, por lo que se considera la infraestructura operacional humana.

En México como a nivel mundial, el suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia principalmente de diversas actividades humanas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), coloca a México entre los primeros lugares en este aspecto (con cerca de 50% de suelos severa y muy severamente degradados), comparado con el resto de sus países miembros. En América Latina, México se encuentra en un punto intermedio entre los países de Centro y Sudamérica (OCDE 2003). La degradación del suelo se refiere a los procesos naturales o inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual o futura para sostener la vida. Las obras para conservación y restauración de suelos están destinas a controlar los procesos de degradación, mantener la productividad potencial de los suelos, la retención de azolves y la captación de agua. La importancia del suelo radica en que la combinación de sus diferentes características fisicoquímicas, así como la diversidad de la flora y fauna que sostiene, configuran paisajes naturales, algunos de los cuales resultan tanto en una serie de servicios ambientales como en belleza escénica, variables que pueden ser consideradas para el establecimiento de áreas protegidas o para el desarrollo de actividades ecoturísticas, entre otros instrumentos de conservación y aprovechamiento sustentable. El suelo alberga una gran cantidad y diversidad de seres vivos: bacterias, hongos y otros microorganismos cuya abundancia se estima en millones por metro cuadrado (Chapin *et al.,* 2001). Existe una red compleja de interacciones entre la biodiversidad del suelo, el tipo de vegetación que éste sostiene y el funcionamiento de un ecosistema. La cubierta vegetal de un suelo afecta a la comunidad de organismos que lo habitan y, a su vez, la comunidad de organismos determina la productividad y la composición de la cubierta vegetal (Van der Putten, 2005).

IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SITIOS PARA RESTAURACIÓN.

Los pasos para la identificación del sitio son como siguen:

I. Seleccionar un área particular de interés para la conservación (una cuenca, un rango montañoso, etc.) que puede estar compuesto por varios ecosistemas diferentes, pero relacionados estrechamente entre sí y que posean un cierto número de valores biológicos de importancia, ya sea económica, biológica o una combinación de ambos.
II. Identificar los objetos de conservación prioritarios para el área (valores biológicos), que se pueden definir como ecosistemas, gremios, comunidades, especies, etc.
III. Explorar el área para seleccionar sitios más pequeños donde se presenten el sistema ecológico a recuperar.
IV. Exploración visual del sitio para determinar el tipo de deterioro presente en el mismo (erosión, perdida de vegetación, presencia de elementos vegetales en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-

especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, sobrepastoreo, etc.).

V. Identificar los objetos de conservación presentes en el sitio y su estado de salud (Valores biológicos).

VI. Con base a los objetos de conservación encontrados para el sitio, se establecen las prioridades y necesidades de restauración para el mismo.

PREPARACIÓN DE SUELOS PARA LA REFORESTACIÓN

Acondicionamiento del sustrato del sitio del proyecto y en los sitios que se establezcan para la forestación y/o reforestación.

Si existe la necesidad de reforestar sitios en donde el suelo este degradado, el éxito dependerá en gran medida de la preparación del terreno, por lo cual es necesario detectar con precisión cuales son las características negativas que más afectarían el establecimiento de las plantas y darse a la tarea de revertirlas artificialmente. A continuación, se presentan las principales limitantes de los suelos y la forma de tratarlos.

a) Características adversas de los sitios.

- **Suelos compactados.** Esta característica es muy común en suelos que se han utilizado con fines agropecuarios, y tienen la particularidad de presentar escaso espacio poroso dentro del suelo, lo que dificulta el desarrollo de las raíces y la penetración del agua dentro del suelo. Por lo general, en estos suelos al reducirse la infiltración del agua y aumentar el escurrimiento superficial, se presentan fuertes problemas de erosión, sobre todo cuando están ubicados en terrenos cerriles de fuerte pendiente. Cuando se ubican en un plano y se presentan lluvias torrenciales que rebasen la capacidad de infiltración de agua del suelo y la capacidad de evapotranspiración potencial del medio, pueden presentarse inundaciones temporales o permanentes. La forma de revertir la compactación del suelo es a través de la roturación del terreno, el cual se puede realizar por medio de maquinaría, tracción animal o manualmente, según lo permitan los recursos de que se disponga y la topografía del terreno. De lo que se trata es de remover el suelo tanto como sea posible, darle más porosidad, para que pueda ser capaz de infiltrar mayor cantidad de agua y permita el crecimiento radicular de las plantas. Es recomendable remover el suelo a una profundidad de 40 a 50 cm, en ocasiones estas profundidades implican hacer un subsoleo. Si por naturaleza el suelo es muy pesado y presenta gran cantidad de arcilla revertir la compactación por medio físicos solamente es poco viable, pues la des compactación durará poco tiempo si no se emplea otro tipo de estrategia. En este caso, a la remoción del suelo se debe sumar la incorporación de materia orgánica (hojarasca o esquilmos agrícolas), con la finalidad de darle mayor volumen.
    - **Rocosidad.** Cuando el terreno presenta alto porcentaje de rocosidad, definido como al afloramiento de la roca madre en la superficie del terreno, lo único que resta es detectar los sitios en que se da un acumulamiento de suelo que permita la introducción de la planta, pues no existe forma práctica de revertir esta deficiencia. En lo que se tendrá que poner mayor cuidado es en elegir especies que desarrollen más en lo horizontal su sistema radicular; las especies con prominente desarrollo vertical de la raíz pueden sufrir deformaciones en ésta que repercutan en el desarrollo de la planta. Es más conveniente en estos casos introducir plantas con afinidad a este tipo de condiciones (rupícolas), aunque no sean leñosas, pero que formen suelo como pueden ser nopales o magueyes.
    - **Deficiencias nutricionales.** Los suelos de las áreas que han estado expuestas a aprovechamientos agropecuarios y forestales comunes que presenten deficiencias físicas y en el contenido de algunos elementos nutricionales. Por lo general las deficiencias que más afectan el desarrollo de las plantas son la falta de nitrógeno, fósforo y potasio, aunque también es frecuente encontrar bajos niveles de bases (calcio, magnesio, etcétera) y estructura.

PRINCIPALES ACCIONES EN PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS.

Las técnicas de protección, conservación y restauración de suelos serán adaptadas de acuerdo con las condiciones del sitio. Estas técnicas deben de tener un soporte de datos, anteriormente caracterizadas a detalle como son: relieve, inclinación de pendientes, posición de sitio en el paisaje, estimadores de erosionabilidad, etc. Entre las actividades que podrán ser aplicadas al suelo del proyecto están: cerco vivo de especies (plantas), acciones de reforestación y el enriquecimiento del suelo con materia orgánica. Para otro tipo de acciones se tendrán que evaluar sitios aledaños, o zonas dentro del SAR, donde las características topográficas y condiciones permitan la implementación de las medidas.

- **Sistema de zanja–bordo (cordones de nivel).** Consiste en construir zanjas y bordos de tierra en sentido perpendicular a la pendiente, la zanja es de 0.4 m de ancho x 0.40 m de profundidad y el largo del terreno. Se adapta a terrenos con pendientes de 5 a 40%, el bordo se debe mantener con vegetación. Se recomienda una zanja bordo cada 20 m de distancia o menos dependiendo de la pendiente y de las características de los escurrimientos. El principal objetivo es disminuir la velocidad de los escurrimientos superficiales y la erosión, también sirven para conducir los escurrimientos a velocidades no erosivas a cauces de arroyos naturales o a cárcavas estabilizadas.
- **Zanja de infiltración (Zanjas Trinchera.).** Las Zanjas de infiltración también se conocen como zanjas trincheras o tinas ciegas son zanjas y bordos en forma discontinua sobre curvas de nivel, formando un dique divisor entre zanja y zanja. Las dimensiones son de 0.4 m de ancho x 0.4 m de profundidad x 2.0 m de largo y el objetivo principal es disminuir los escurrimientos superficiales, disminuir la erosión e incrementar la cantidad de agua infiltrada al suelo.
- **Canales de desagüe.** Son zanjas para desalojar la escorrentía de ladera o proveniente de un sistema de acequias. Tienen la función de interceptar la escorrentía y conducirla hacia un cauce natural o a una cárcava estabilizada a velocidades no erosivas. Cuando no se dispone de un cauce natural al cual enviar los excedentes, se requerirá construir uno artificial, el que por seguir la pendiente principal del terreno tendrá una inclinación pronunciada que favorece la erosión; por lo tanto, es necesario protegerlo estableciendo vegetación en taludes y en el fondo. La sección más eficiente es la semicircular por presentar menor perímetro mojado y la trapezoidal también es eficiente. La pendiente máxima es de 2 a 2.5% para, longitudes menores de 30 m. y de 0.35 a 1 para longitudes de 30 a 150 m.
- **Control de Cárcavas.** Son una serie de actividades tendientes a detener el crecimiento de estas, reducir la velocidad de la escorrentía y retener el azolve aportado por el área de drenaje, hasta lograr el relleno y/o estabilización de los cauces. Para realizar el control de cárcavas se debe controlar el crecimiento de éstas en sus tres dimensiones: largo, ancho y profundidad.
- **Cabeceo de Cárcavas.** Su finalidad es evitar la erosión remontante, amortiguando la energía de caída de la escorrentía, mediante un revestimiento de piedra o malla y una lechada de cemento para proteger el suelo del desprendimiento por fricción, mientras el colchón hidráulico al pie de la rápida absorbe la energía de caída ya dentro del cauce. Se deben usar también zanjas derivadoras aguas arriba de la cárcava para conducir el escurrimiento del área de captación hacia otros desagües. Para construir este tipo de estructuras es necesario previamente suavizar los taludes con una pendiente de 30 a 40°, y generalmente esta estructura se acompaña con una presa de control de azolves situada precisamente al pie de la rápida.
- **Presas de Control de azolves.** Las presas de control de azolves son las principales obras para el control de la erosión en cárcavas, consisten en estructuras de distintos materiales colocadas transversalmente al flujo de la escorrentía. Las presas más usadas son las de piedra acomodada, estas presas se recomiendan hasta 3 metros de alto, se considera que para presas de hasta dos metros la base es de 1.5 veces la altura al vertedor y para presas mayores de 2m la base será de 1.75 veces la altura. Existen presas de distintos materiales y se debe buscar la más adecuada de acuerdo con las características de las cárcavas, los costos de construcción y el material disponible en la región.

- **Cerca viva de especies.** Está práctica busca estabilizar la frontera forestal con la agrícola y contribuir a incrementar la productividad de los terrenos preferentemente forestales que son utilizados para la agricultura. Los cercos vivos consisten en la plantación de árboles y arbustos de fácil enraizamiento y rápido crecimiento, así como cualquier otra planta de fácil enraizamiento y que aporte nitrógeno al suelo. Este tipo de cerca se hace sembrando, a altas densidades, especies espinosas, arbustivas o ambas, de rápido crecimiento en la periferia del terreno. Lo más recomendable para establecerlas es usar especies nativas que presenten las características mencionadas anteriormente, o bien especies capaces de adaptarse a la zona en cuestión. Probablemente, estas cercas en un inicio resulten ser algo costosas en términos de inversión, tiempo y esfuerzo; sin embargo, a futuro son las idóneas, ya que su funcionamiento y seguridad será permanente. Por otra parte, su mantenimiento sólo requerirá, ocasionalmente, el desrame sin ningún otro tipo de inversión. Es conveniente que este tipo de cercas acompañe a aquellas que no son de duración permanente, pues al desarrollarse las primeras, poco a poco irán sustituyendo a las cercas que necesitan ser constantemente renovadas.
- **Enriquecimiento del suelo con materia orgánica.** El empleo de materia orgánica, residuos de vegetación o de cultivos, mantienen los niveles nutrimentales en el suelo. Una parte de estos elementos del suelo pueden perderse por lavado y por empleo por la vegetación. *Abonos verdes*. Son cultivos o vegetación anterior que es empleado para abonar el terreno, estos deben de material fresco para un mejor aporte de nutrimentos. Estos residuos verdes son enterrados para que aporten nutrientes al suelo. Dentro de los abonos empleados se encuentran las leguminosas. Estos abonos son recomendables sitios muy inclinados y con suelos son una alta susceptibilidad a la erosión, ya sea arenoso o arcilloso. También son recomendables en suelos someros ya que pueden incrementar su fuente de energía y nutrimental para la actividad microbiológica.

CRITERIOS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE SUELOS.

Las obras y prácticas están destinadas a controlar los procesos de degradación, mantener la productividad potencial de los suelos, la retención de azolves y la captación de agua. Se realizan en terrenos forestales con presencia de degradación la cual puede ser ligera, moderada o severa. Se basan en una perspectiva de cuenca o microcuenca donde la primera instancia a contrarrestar es la pérdida de suelo en zonas de ladera y posteriormente en las cárcavas. Se deben priorizar las áreas que están dentro del SAR para la conservación y restauración.

Proceso de Reforestación.

- Identificación del área a reforestar.
- Determinación de especies a utilizar.
- Selección del germoplasma.
- Obtención del material vegetativo y preparación y protección de los terrenos a reforestar.
- Plantación.
- Cuidado y evaluación de los trabajos de conservación.

1. Establecer la efectividad de las medidas de manejo de los residuos sólidos domésticos y de obra.

- ✓ Impactos potenciales: Contaminación del suelo y corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico y de construcción. Alteración del paisaje.
- ✓ Medidas de manejo del impacto: Las medidas de manejo consideradas para este impacto, corresponden a la gestión integral de los residuos sólidos, que incluye medidas en todas las etapas, desde la separación en la fuente, el almacenamiento y presentación, la recolección y el transporte y la disposición final. La gestión integral de residuos sólidos desarrolla manejos específicos para cada tipo de residuo generado

durante la construcción y operación del proyecto: residuos sólidos convencionales, residuos sólidos de construcción y peligrosos.

- ✓ Medidas de seguimiento y monitoreo: Las medidas de seguimiento y monitoreo se realizará la cuantificación periódica de los residuos generados en relación con su aprovechamiento y su disposición. Para este seguimiento se establecerá un cronograma de recolección de residuos sólidos domésticos, de construcción y peligrosos y cuantificando los volúmenes o pesos generados por unidad de tiempo los cuales serán confrontadas con las cantidades manejadas en cada parte del proceso de gestión integral.
- ✓ Sitios de monitoreo: El monitoreo de residuos sólidos debe realizarse en cada uno de los sitios en donde se realizará el almacenamiento y disposición temporales y final.

2. Establecer la efectividad de las actividades para la preparación de suelos para la reforestación.
En los sitios en donde se realicen acciones de reforestación y tratamientos relacionados, se realizará el seguimiento con la medición de la eficacia de las plantaciones, consignando semestralmente información de los individuos sembrados que incluirá la Sobrevivencia, para hacer un seguimiento sobre el indicador: # de individuos vivos/# número de individuos sembrados. Esta medición se realizará semestralmente, hasta alcanzar la meta con resiembras del 95%. Toda vez que se observe un alto índice de sobrevivencia de las plantas y buen estado desarrollo (que no haya evidencia de carencias nutricionales), se podrá evaluar que las medidas de recuperación de suelo para mejorar su calidad fueron eficientes.

3. Establecer la efectividad de las actividades para la protección, conservación y restauración de suelos.

- Indicador: Evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo antes de la ejecución de las obras de restauración y después de aplicadas. Evaluación de la contribución a la restauración de áreas, mediante la realización de trabajos de conservación y obras de restauración de suelos. Desde el punto de vista fisicoquímico, los suelos en Oaxaca presentan características muy variables, con diferencias en textura, pH, profundidad, contenido de materia orgánica, cantidad de nutrimentos, etcétera. Como ya se mencionó en el Capítulo IV los principales tipos de suelo del estado de acuerdo con la Clasificación Mundial de Suelos de la FAO, en donde destacan los Regosoles Eútrico. Las estrategias para la conservación de los suelos y su diversidad necesariamente deberán considerar como temas prioritarios:
  a) La restauración de los suelos altamente degradados en ambientes particularmente frágiles como agostaderos y selvas bajas, y
  b) La conservación y mejoramiento de los suelos en terrenos agrícolas y forestales.

Para lograr lo anterior es necesaria la implementación de políticas públicas que privilegien los intereses públicos sobre los privados y los criterios humanistas y ecológicos sobre los económicos.

ACCIONES DE REFORESTACIÓN (REPOBLAMIENTO FORESTAL MULTIESPECIFICO)

Objetivos.

Mediante acciones de reforestación con especies nativas en áreas asociadas con el Sistema Ambiental Regional, para lograr una reforestación con relación a la vegetación forestal a desmontar.

- Seleccionar sitios para reforestación adyacentes al camino.
- Selección de especies utilizadas para la restauración, susceptibles de ser utilizadas para la reforestación, respetando el entorno paisajístico del sitio.
- Aprovechamiento de especies autóctonas para ser utilizadas en la reforestación de las áreas destinadas para este fin mediante la replantación de ejemplares de especies rescatadas.
- Aplicar las técnicas de reforestación adecuadas a la región.
- Llevar a cabo el monitoreo de sobrevivencia de organismos trasplantados.

Alcances.

Integración del documento técnico, que comprenda los criterios, metodologías y procedimientos que deberán ser instrumentados, para llevar a cabo en forma correcta el Programa de Reforestación, en congruencia a los compromisos contraídos con la autoridad ambiental y los impactos que fueron evaluados.

Fundamentos técnicos de la elección de especies.

Cualquier programa de reforestación, rehabilitación o restauración de áreas implica realizar una serie de intervenciones dentro de la comunidad, la actividad más frecuente es la introducción de especies vegetales con el propósito de retener o mejorar el suelo, o bien inducir la recuperación de la cobertura de vegetación en un sitio, entre otros objetivos. Es importante tener presente que toda intervención que se realice en un sistema ambiental puede cambiar la trayectoria natural de recuperación del sitio. La selección de las especies utilizadas en la restauración es de suma importancia, ya que implica cambiar algunos atributos de la estructura de la vegetación; por ejemplo, la densidad, la cobertura o incluso la riqueza de especies. La magnitud de las intervenciones que pueden realizarse en un sistema ambiental estará en función de la magnitud del daño, deterioro o evento de disturbio que se quiera "revertir". Los alcances del programa, es decir hasta dónde puedo resarcir los daños que presenta determinada área, nos indicarán el tipo de programa que se deba planear en función de sus alcances: remediar, rehabilitar o restaurar. Es deseable que toda actividad de reforestación se desarrolle dentro del marco de algún programa más amplio (remedición, rehabilitación o restauración), sin embargo, puede concebirse como una simple actividad de revegetación. En el caso del presente programa, las acciones de reforestación están diseñadas bajo lineamientos ecológicos que favorezcan la rehabilitación y en el mejor de los casos, la restauración de los sitios degradados en los que se realizará la plantación de especies. La introducción de árboles nativos es una herramienta muy común dentro de las estrategias de restauración. Puede realizarse a partir de:

- Plantas recolectadas de fragmentos remanentes.
- Siembra directa de semillas recolectadas.
- Planta producida en viveros.
- Propagación vegetativa (estacas).
- Limpieza y mantenimiento de plantas existentes.

La selección de una u otra actividad dependerá fundamentalmente de las condiciones del arroyo, de las semillas y plantas, de los recursos económicos y materiales y del tiempo con que se cuente. Selección de especies. Para la selección de especies es necesario considerar no solamente su importancia ecológica, sino también las necesidades de las comunidades. Es recomendable revisar la información disponible sobre las especies nativas, así como consultar a la población local. Algunos de los criterios que se utilizan para seleccionar las especies para la restauración son:

- Que fijen el nitrógeno en el suelo (leguminosas).
- Que tengan buena capacidad para rebrotar.
- Que crezcan rápidamente.
- Que resistan condiciones limitantes (inundación, sequía, baja fertilidad, suelos compactados, acidez o salinidad del suelo).
- Que tengan algún valor adicional (económico, ecológico o cultural).
- Que no tiendan a propagarse de manera invasiva.
- Que atraigan animales dispersores de semillas (que tenga frutos carnosos).

La forma en que dichas especies mejoran la calidad del microhábitat puede ser diversa involucrando procesos de facilitación, nodricismo, formación de islas de recursos, atracción de animales dispersores de semillas; por mencionar algunos de los procesos ecológicos involucrados. En zonas tropicales los procesos de sucesión secundaria son de suma importancia para la regeneración de la vegetación. El sistema ambiental regional dentro

del cual se llevará a cabo el presente programa de reforestación comprende dos grandes tipos de unidades ambientales: aquellas cuyo uso es agrícola y las de uso forestal. Se realizarán recorridos dentro de la zona y a lo largo del camino para apoyar la selección de especies, que además se basará en investigación bibliográfica de los atributos y características ecológicas de las especies que conforman la comunidad. Especies que serán rescatadas en las actividades de desmonte y especies vegetales adicionales a utilizar. Con el propósito de recuperar la riqueza de especies en los sitios donde se realizará la plantación se propone introducir más de una especie vegetal. Dentro de dichas especies se encuentran aquellas que serán rescatadas previamente a las actividades de despalme; así como algunas especies arbustivas que forman parte de la comunidad y que deberán ser propagadas para tales fines.

Metodología propuesta para la reforestación.

Recurso vegetal: Se deberán elegir las plantas más vigorosas, libres de plagas y enfermedades.

Fuentes de semillas. Se deben realizar recorridos de campo para localizar árboles que puedan servir como fuentes de semillas. Hay que localizar árboles que a simple vista se vean sanos y que tengan las características de calidad que buscamos, de acuerdo con cada especie. Es importante elaborar una lista de los árboles seleccionados, asentando su ubicación, identidad, tamaño y la época en la que esperamos encontrar frutos o semillas.

Recolección de semillas. Las semillas son la principal forma de reproducción de la mayoría de las plantas. Cuando se recolecta semillas, es preciso tener en cuenta:

- Utilizar bolsas de papel o manta, costalitos o recipientes no plásticos, todos marcados, para mantener frescas las semillas mientras son transportadas al vivero o sitio de aclimatación.
- Llevar un registro del sitio y de la fecha de recolección y, si es posible, apuntar el árbol del cual se recolectó. Esto permite anticipar la fecha de futuras recolecciones y saber con certezas cuáles son los árboles que proporcionan semillas de mejor calidad.
- Las recolecciones deben llevarse a cabo del mayor número de árboles posible, de preferencia de lugares cercanos al sitio de trabajo, para que las plantas producidas contengan la mayor variabilidad genética. Por esto mismo, es necesario mantener separadas las semillas que se recolectan de cada uno de los diferentes árboles madre.
- Se debe evitar cosechar semillas inmaduras, atacadas por insectos u otros animales, que se vean deformes o dañadas. Es recomendable realizar la recolección directamente de la planta cuando los frutos están maduros, y no del suelo donde ya pueden estar contaminadas.

Endurecimiento de las plantas: La mayoría de las especies germinan con rapidez y no necesitan tratamientos previos. Aunque hay algunas que pueden ser almacenadas, la mayor parte de las semillas de las especies se mueren con gran rapidez, por lo que es necesario sembrarlas en el menor tiempo posible. Para acelerar la germinación, se puede usar distintos tratamientos. Si no hay información sobre tratamientos que hayan desarrollado otras personas, es posible experimentar algunos, siempre y cuando se lleve un registro de lo que se hace. Por ejemplo:

- Secar las semillas al sol
- Romper la cubierta de manera mecánica
- Ponerlas en agua caliente (remojo, hervir) por no más de un minuto
- Ponerlas en ácido

Las plantas que germinen de esas semillas y que serán trasplantadas a los sitios a restaurar necesitan un tiempo de descanso o aclimatación antes de ser introducidas al sitio degradado, ya que las condiciones ambientales suelen ser muy contrastantes. Este tiempo de descanso y aclimatación no implica necesariamente la construcción de viveros o de otro tipo de infraestructura, sino simplemente la adecuación de sitios naturales, como debajo de un árbol de gran tamaño o dentro de un parche en regeneración. En este caso hay que tener cuidado que el ganado no se las coma. Esta etapa de manejo es para las plantas producidas a partir de semillas; su beneficio radica en

que le da rusticidad a la planta al someterla a una ligera exposición a las condiciones ambientales directas. Si esta etapa no se lleva a cabo, la morfofisiología de las plantas estará amoldada a las condiciones del vivero y no estará preparada para confrontar extremos naturales de factores limitativos en los sitios de plantación. Es por ello por lo que un mes antes de la reforestación se deberá suspender la fertilización, las plantas deberán estar a insolación total, y los riegos se aplicarán alternadamente entre someros y a saturación, además de retirarlos durante uno o dos días. Esto favorece a que las plantas presenten crecimiento leñoso en el tallo y ramas. Finalmente se recomienda aplicar un riego a saturación un día antes del transporte de las plantas.

Preparación del terreno de plantación:

La forma en la cual se colocarán las plantas en las parcelas es muy importante. Por ejemplo, se debe tener cuidado de no sembrar muchas plantas de la misma especie juntas, ya que esto puede atraer insectos y otros animales que las pueden atacar. Por esto se recomienda mezclar las especies en un mismo sitio. Lo ideal es hacer un esquema de la disposición espacial de las plantas, es decir, marcar en un mapa del lugar los sitios exactos en los que se colocará cada planta. En los proyectos de restauración se han utilizado diferentes diseños: en líneas, en grupos, al azar, intercalados, entre otros. Aunque el diseño espacial dependerá de los objetivos del proyecto y de los árboles preexistentes, el más utilizado es el diseño en líneas. Por otro lado, la distancia entre cada planta por sembrar definirá la densidad de individuos dentro de la parcela, es decir, el número de individuos por parcela. La densidad depende del tamaño que tengan las plantas al momento de su siembra y de su velocidad de crecimiento. El tipo de geoforma en que se ubican los sitios de reforestación corresponde a pie de monte por lo que predominan las pendientes suaves o con terrenos casi planos, no obstante, se recomienda que la plantación se realice siguiendo curvas de nivel del terreno. Los sitios en que se planea realizar la reforestación han sido sometidos a cultivos por lo que puede tratarse de suelos pobres en nutrientes y con propiedades físicas adversas tales como densidad aparente alta y baja capacidad de retención de agua. Previo a la reforestación deberán analizarse las características del sitio y de ser necesario deberán tomarse las medidas pertinentes de mejoramiento de suelo. Los métodos deben ser empleados en concordancia con el tipo de deficiencias que se presenten y con los factores medioambientales adversos que se quiera contrarrestar. La práctica más común en la preparación del terreno consiste en intervenir sólo el sitio específico en donde se trasplantará o sembrará la planta. No obstante, se recomienda realizar una descompactación en el terreno y que el suelo producto de la excavación de las cepas de plantación se mezcle con el suelo que fue almacenado como producto de las actividades de desmonte y despalme. Esto último es de suma importancia ya que en suelos de uso agrícola la microbiota suele ser bastante reducida y a lo largo del camino existen procesos naturales de sucesión secundaria donde están presentes especies que presentan asociaciones micorrízicas o nódulos por lo que la diversidad de la microbiota que existe en dicho suelo es mucho mayor a la de los suelos de uso agrícola. Realizar esta mezcla de suelo además representa la posibilidad de que se incremente la diversidad de flora al estar introduciendo también parte del banco de semillas que existe en forma natural en los sitios de vegetación secundaria. Todo esto incrementa la posibilidad, si las condiciones ambientales lo permiten, que se establezcan con mayor facilidad procesos de sucesión que promuevan la restauración de los sitios.

Trasplante.

Las plantas deben ser trasplantadas a sitios que han sido seleccionados y preparados tiempo antes. Por ejemplo, si el sitio necesita limpieza o chaponeo, estas actividades deben realizarse unos días antes del trasplante. Es recomendable cavar el hoyo donde se sembrará el arbolito en el mismo momento del trasplante, para que la tierra esté húmeda y suelta, y también es recomendable hacerlo por la mañana, para que el sol no la reseque. Cuando se dispone de buena tierra, se puede hacer el hoyo del doble del tamaño de la bolsa para rellenarlo con dicha tierra. De esta manera, las raíces tienen mayor materia orgánica.

Otra opción es invertir la tierra, es decir, que la tierra que se quita de la parte más profunda del hoyo se coloca por encima de la planta. La bolsa plástica debe quitarse de la planta con cuidado para no dañar sus raíces. En algunos

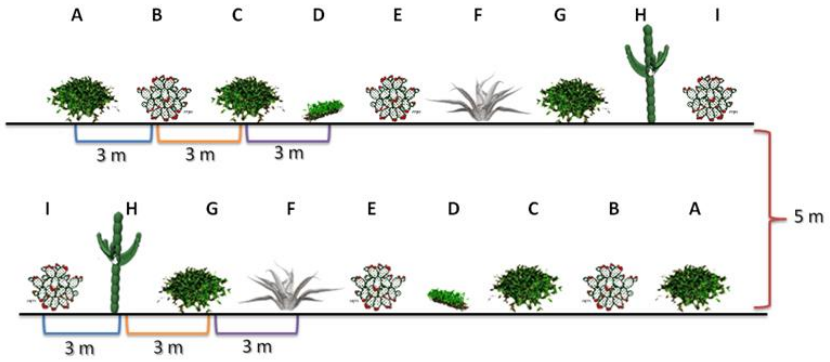
casos, podrá ser necesario regar las plantas hasta que éstas se afiancen bien en la tierra. Siempre que sea posible, el trasplante debe realizarse en la época de lluvias para favorecer un mejor establecimiento en las parcelas.

Siembra directa.

Algunas especies tienen la capacidad de germinar por sí solas en los sitios degradados, un ejemplo de esto es el plumillo. En estos casos, no es necesario germinar la semilla y trasplantar la plantita hasta el sitio, sino que se pueden sembrar directamente las semillas. Con la siembra directa se ahorra el esfuerzo de producir la planta, pero siempre será necesario invertir otro esfuerzo en evitar que las hormigas o ratones se coman las semillas. Una manera de establecer especies por siembra directa es proteger las semillas sembradas con una malla metálica, la cual se retira del sitio, una vez que la semilla haya germinado.

Protección de la plantación y mantenimiento: Para proteger la plantación contra factores de disturbio como el pisoteo y ramoneo del ganado, se recomienda colocar una cerca en el perímetro de la plantación; y el deshierbe del perímetro (20 cm) de las plantas introducidas. En caso de ser necesario se deberá proveer riego a los individuos plantados; teniendo siempre en cuenta los requerimientos hídricos de cada especie. Las distancias de plantación de los individuos (trazado), tomando en cuenta las características biológicas de las especies que pretenden utilizarse Durante recorridos realizados en campo se observó que las especies de arbustos que aquí se incluyen llegan a tener alrededor de dos metros de cobertura, a veces más, por lo cual se eligió plantar a una distancia entre individuos de 3 metros y se intercalaron con individuos de especies no leñosas cuya cobertura es menor, incluyendo así todas las especies en el ensamble diseñado. La siembra de especies se realizará en un arreglo de tres bolillos siguiendo curvas de nivel a una distancia de 5 metros; dicha distancia se eligió con el propósito de incrementar la densidad de especies debido a la zona donde se encuentra el proyecto.

Imagen VI. 1. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024



Fuente: PIMEX, 2022.

Indicadores de seguimiento.

Una vez que se ha definido el objetivo y las herramientas, hay que definir las metas de restauración. Las metas son diferentes de los objetivos porque se definen de manera puntual, con números o valores específicos. Definir metas claras nos permitirá evaluar si nuestro proyecto avanza, está estancado o tiene problemas para alcanzar sus metas. El seguimiento de las actividades resulta fundamental, ya que es la manera de saber si el proyecto va por buen camino o si necesita ajustes o correcciones. Para poder dar un buen seguimiento tendremos que haber definido metas claras. En el seguimiento del proyecto debemos evaluar si las actividades planeadas se han cumplido en tiempo y forma, si las personas involucradas están conformes con el desarrollo del proyecto, si las plantas han recibido el cuidado necesario, etc. En cambio, el monitoreo es el seguimiento específico de los resultados de las actividades de restauración. Cuando sembramos semillas o plantas para recuperar la vegetación, es necesario

monitorear el desarrollo de las plantas, y para ello es necesario definir algunas variables que funcionarán como indicadores de los resultados. Los indicadores más utilizados son:

- Supervivencia. Es el número de individuos vivos de una especie, en un momento determinado.
- Altura. En las plantas se mide desde la base hasta su extremo superior. No se usa para las estacas ya que en lugar de crecer éstas suelen producir ramas nuevas.
- Diámetro en la base. Es el diámetro del tronco en la base de la planta, es decir, a la altura del suelo.
- Diámetro a la altura del pecho (d.a.p.). Es el diámetro medido a la altura de nuestro pecho. En general, se mide a unos 130 cm del suelo. Solo se u utiliza para medir árboles jóvenes o adultos (mayores a 1.5 m de altura).
- Cobertura de la copa. Es una medida de la cantidad de sombra que puede generar una planta. Se miden dos valores del ancho de la copa del árbol (en forma de cruz) y estos valores se multiplican entre sí. Una vez definidos los indicadores que se utilizarán para monitorear y dar seguimiento a las actividades, se debe planificar la frecuencia de medición.

Adicionalmente como indicadores de seguimiento para evaluar la eficiencia de este programa de reforestación se considerarán los siguientes parámetros en base a una estimación numérica:

1. Superficie reforestada en proporción de 3:1 contra el desmonte de vegetación forestal.
2. Número de individuos propagados, de acuerdo con los requerimientos.
3. Sobrevivencia de plantas en vivero antes de su plantación en campo.
4. Número de ejemplares plantados en los sitios propuestos.
5. Porcentaje de sobrevivencia de ejemplares plantados.

Otros indicadores de la sucesión ecológica que no son mesurables, pero que muestran el desarrollo de la sucesión vegetal, son el reclutamiento de especies vegetales secundarias de sucesiones avanzadas o de especies primarias, y la presencia de especies animales especialistas y no generalistas. Sin embargo, el reclutamiento de especies vegetales secundarias de sucesiones avanzadas o de especies primarias y su registro requeriría de un período largo de espera, sobre todo contando con que varias de las especies integradas a la reforestación son especies pioneras en las sucesiones y el reclutamiento de plántulas de estas especies no demostraría un avance sustancial de la sucesión. Sin embargo, la presencia de ciertos gremios de fauna generalista en áreas perturbadas, contra la presencia de especies especialistas en hábitats con calidad ambiental, es un factor que se considera mejor parámetro para evaluar el desarrollo de la sucesión en este caso particular, donde el monitoreo de las plantaciones se plantea a 5 años.

VI.2. AGRUPACIÓN DE IMPACTOS DE ACUERDO CON LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN PROPUESTAS.

Las medidas de mitigación para el Proyecto se presentan agrupadas, en función del impacto ambiental que habrá de ser atendido y controlado, como se observa en la siguiente Tabla.

Tabla VI. 17. Agrupación de las medidas de mitigación, por tipo de impacto ambiental para el Proyecto.

IMPACTO POR CONTROLAR	MEDIDA	TIPO DE MEDIDA	VIGILANCIA	
			INICIO	TERMINO
Contaminación o afectaciones de corrientes hidrológicas intermitentes.	Programa de manejo integral de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.	Preventiva	Preparación del sitio	Operación y mantenimiento
	Uso de sanitarios portátiles con disposición adecuada de los residuos generados.	Preventiva	Preparación del sitio	Final de la Construcción
	Incorporación de mejoras al drenaje de las corrientes hidrológicas intermitentes	Mitigación	Preparación de terraplenes	Previo al inicio de operación.
	Recuperación de materiales caídos incidentalmente al interior del cauce.	Correctiva	Preparación de terraplenes	Final de la construcción
	Reforestación con vegetación en márgenes de arroyos intermitentes y en corrientes hidrológicas con posibilidades de erosión	Compensación	Previo a la operación del proyecto.	Operación y mantenimiento.
Eliminación de la cobertura vegetal en la trayectoria del proyecto.	Eliminar la vegetación de forma manual y dirigida, sin utilizar maquinaría o sustancias químicas.	Preventiva	Preparación del sitio	Preparación del sitio
	Retirar y/o reubicar la vegetación de manera selectiva, iniciar con vegetación de interés comercial o ecológico para los pobladores o dueños de los predios, posteriormente retirar la vegetación restante.	Preventiva	Preparación del sitio	Preparación del sitio
	Evitar la quema de restos y estratos vegetales.	Preventiva	Preparación	Preparación
	Depositar suelo y material vegetal en la superficie adyacente de las zonas de obra, taludes de terraplenes o terrenos con signos de deterioro.	Compensación	Preparación del sitio	Construcción
	Realizar el troceo de vegetación en el lugar de caída; posteriormente retirar y triturar la vegetación para mezclarla con el material edáfico e incorporar esta mezcla en áreas verdes, arrope de taludes, sitios degradados o áreas de rehabilitación o mejoramiento ambiental.	Compensación	Preparación del sitio	Construcción
	Establecer acciones para la recuperación de material vegetativo y germoplasma proveniente de las zonas afectadas para su posterior utilización en un programa de revegetación, considerando las especies aprovechadas por la fauna silvestre y de interés especial.	Compensación	Preparación del sitio	Construcción
	La empresa constructora debe propiciar la reproducción y establecimiento de nuevos individuos vegetales para la protección y mejoramiento de hábitat, taludes de cortes, cauce, áreas con signos de deterioro, incluso en la zona del banco de extracción de materiales.	Compensación	Preparación del sitio y construcción	Operación y Mantenimiento
	Realizar una campaña de revegetación con especies locales, incluyendo a la población, en todo el proyecto y asegurando su sobrevivencia y mantenimiento adecuado	Compensación	Construcción	Operación y Mantenimiento
Migración y descenso de las poblaciones de la fauna silvestre	Permitir y facilitar el movimiento de la fauna silvestre existente en toda la trayectoria del proyecto, sobre todo las aves, así como especies de lento desplazamiento.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	Establecer como una actividad cotidiana, durante todo el tiempo de trabajo en el trazo del proyecto, el ahuyentamiento de la fauna al inicio de la jornada diaria y reubicación de sus madrigueras o nidos.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	La empresa constructora debe otorgar capacitación ambiental y establecer prohibiciones estrictas y sanciones a los trabajadores, conductores y operadores de maquinaria pesada, para evitar acciones que ocasionen afectaciones a la vegetación y la prohibición de caza, captura y compraventa y la muerte de cualquier organismo de la fauna.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción

IMPACTO POR CONTROLAR	MEDIDA	TIPO DE MEDIDA	VIGILANCIA	
			INICIO	TERMINO
Evitar las afectaciones a la vegetación y fauna por inconciencia ambiental de los trabajadores y población local.	Otorgar capacitación ambiental a los operadores de maquinaria y equipo pesado, previo al inicio de sus actividades en los distintos frentes de trabajo.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	Colocación de señalamientos preventivos para salvaguardar la fauna y flora silvestre.	Preventiva	Preparación del sitio	Operación y mantenimiento
	Otorgar capacitación y educación ambiental a los pobladores de las localidades, para prevenir afectaciones a la fauna y la vegetación, así como la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos.	Preventiva	Preparación del sitio	Operación y mantenimiento
	La empresa constructora debe comprobar la capacitación ambiental otorgada a todo el personal integrado en el proyecto.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Despalme y eliminación de los horizontes del suelo	Durante el despalme del suelo en el cauce de arroyos intermitentes, movilizar el material edáfico en sentido contrario a la pendiente, es decir aguas arriba de todas las corrientes hidrológicas, evitando su caída a su interior.	Preventiva	Preparación del sitio	Preparación del sitio
	Establecer áreas definidas para almacenar y conservar la capa superficial de suelo natural removido para después ser mezclado con residuos vegetales, funcionando como un excelente banco de germoplasma y ser utilizado en la rehabilitación ambiental, áreas verdes, revegetación y o en la rehabilitación de zonas de interés ecológico.	Compensación	Preparación del sitio	Construcción
	Previo a la temporada de lluvias, dar mantenimiento preventivo al acceso de la zona de trabajo, para evitar la erosión o denudación de la superficie de rodamiento, así como la socavación por la corriente hidrológica.	Preventiva	Construcción	Operación y Mantenimiento
Afectaciones a las condiciones hidrológicas de arroyos intermitentes	Utilizar el material despalmado como base del terraplén para los terrenos cercanos a los cauces hidrológicos.	Correctiva	Preparación del sitio	Construcción
	Evitar la caída de materiales al cauce de arroyos intermitentes, mediante un distanciamiento o una barrera de protección entre el área de trabajo y la zona del cauce.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	Evitar la caída de materiales al cauce de arroyos intermitentes, en caso de una caída incidental, retirarlos inmediatamente para restablecer la dinámica hidrológica.	Correctiva	Preparación del sitio	Construcción
	Integrar líneas de drenajes del camino de acceso hacia los arroyos intermitentes en las zonas bajas y adyacentes del terraplén, para evitar mayor erosión y socavación de la parte baja.	Mitigación	Construcción	Operación y Mantenimiento
	Realizar la excavación y actividades asociadas a la construcción, durante la época de sequía.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Generación de residuos domésticos, sobrantes de obra y escombros	Retirar todos los materiales sobrantes de la obra, escombros y residuos, para favorecer las condiciones para el retorno de la vegetación en la zona de obra.	Correctiva	Construcción	Construcción
	La empresa constructora debe contar con un programa de manejo de residuos domésticos, con bitácora, almacenamiento temporal y el sitio autorizado para la disposición final; debe indicar la existencia de acciones de reciclaje de residuos, bajo su responsabilidad.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Generación de residuos peligrosos derivados por las acciones de mantenimiento preventivo correctivo de maquinaria equipo y vehículos	Las instalaciones fijas de la empresa constructora, debe contar con su registro de generador de residuos peligrosos ante la SEMARNAT y manifiestos de generación de residuos peligrosos.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	Desarrollar un programa de manejo de residuos peligrosos, con la bitácora respectiva, asegurando su almacenamiento temporal y contrato con la empresa especializada autorizada que dará disposición final de los residuos peligrosos.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Generación de polvos y ruido en los distintos frentes de trabajo	Durante la temporada de sequía se habrán de generar gran cantidad de polvos, es importante regar la zona de trabajo, con agua tratada.	Mitigación	Preparación del sitio	Construcción
	La circulación y el tránsito de los vehículos de carga deben cumplir con la exigencia de cubrir con lona la caja y respetar los límites de velocidad, principalmente en la zona urbana.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Afectaciones a la calidad del aire por la operación de los vehículos	La empresa constructora debe desarrollar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de carga utilizados, que deben contar con la verificación federal y cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción

IMPACTO POR CONTROLAR	MEDIDA	TIPO DE MEDIDA	VIGILANCIA	
			INICIO	TERMINO
Afectaciones a la calidad del aire y posible contaminación a suelo y agua	La empresa constructora debe aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinaria pesada utilizada y el manejo de residuos peligrosos.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	Al concluir las actividades asociadas al proyecto se debe retirar la maquinaria y equipo, evitando la caída accidental de contaminantes al suelo o cuerpos de agua.	Correctiva	Final de la construcción	Previo a la operación
Prevención de los accidentes de trabajo	Capacitar a los trabajadores y dotar de equipo de protección personal y vigilar su adecuado uso, así como incluir letreros donde se señalen estrictas prohibiciones para evitar algún tipo de accidente.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Evitar la contaminación fecal por los trabajadores	Uso de sanitarios portátiles, arrendados a empresas especializadas y autorizadas, evitando la disposición de los residuos directamente a cualquier corriente hidrológica, responsabilizando a la empresa arrendadora de cualquier incidente de este tipo.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Conflictos sociales y retraso de las obras	Indemnizar a los propietarios de los terrenos, en tiempo y forma.	Preventiva	Preparación del sitio	Preparación del sitio
Seguridad al tránsito de la población y conductores durante la construcción de la obra.	Asegurar el tráfico libre y seguro de los visitantes y conductores hacia todos los frentes o zonas de trabajo incluyendo vigilancia durante los días de trabajo y señalamientos diurnos y nocturnos, suficientes en días de descanso.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Posibles accidentes vehiculares, tráfico de maquinaria y equipo pesado.	La empresa constructora debe integrar suficientes señalamientos informativos y preventivos a lo largo de toda la ruta recorrida por los vehículos de carga y realizar su mantenimiento periódico.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
Evitar accidentes por exceso de velocidad	Establecer controles y límites máximos de velocidad en el trazo de la carretera, sobre todo en la zona urbana, para atender los nodos conflictivos.	Preventiva	Preparación del sitio	Operación y mantenimiento
	Integrar suficientes fantasmas, vallas de contención, señalamientos informativos y preventivos en toda la trayectoria del Proyecto.	Preventiva	Construcción	Operación y mantenimiento
Afectaciones ambientales en el banco de materiales	El dueño del banco de materiales debe contar con el permiso vigente de explotación del banco de materiales, otorgado por la autoridad estatal correspondiente.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	El dueño del banco de materiales debe dar mantenimiento preventivo a los caminos de acceso, a fin de evitar la erosión o denudación de la superficie de rodamiento y socavación ocasionada por la correntía superficial.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	El dueño del banco de materiales debe desarrollar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, equipos y vehículos, que deben cumplir con la verificación federal y la normatividad vigente.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	El dueño del banco de materiales debe integrar suficientes señalamientos y otorgar su mantenimiento periódico a lo largo de la trayectoria de los vehículos de carga.	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción
	El propietario del banco de materiales debe realizar las siguientes acciones de protección ambiental: control de polvos, rehabilitación y un programa de revegetación de áreas del banco de materiales que ya no serán explotadas.	Mitigación y Compensación	Preparación del sitio	Construcción
	El dueño del banco de materiales debe establecer controles y límites máximos de velocidad dentro de la zona de carga y trasiego de los vehículos de carga, con sanciones a su incumplimiento	Preventiva	Preparación del sitio	Construcción

Fuente: PIMEX, 2022.

VI.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA O DEL SISTEMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

Las medidas de mitigación anteriores cuentan con una estrategia, que está caracterizada con objetivos, alcances, procedimientos, recursos, indicadores, periodicidad, registro del cumplimiento, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla VI. 18. Características de las medidas de mitigación del Proyecto.

OBJETIVO	ALCANCES	PROCEDIMIENTO	RECURSOS NECESARIOS	INDICADORES	PERIODICIDAD	REGISTRO DEL CUMPLIMIENTO
Compensar la eliminación de la vegetación eliminada en la trayectoria del proyecto.	100%	Recuperar organismos, material vegetativo, semillas y germoplasma de las zonas afectadas para su posterior utilización en un programa de revegetación, previo a la temporada de lluvias, considerando especialmente las especies con estatus, las aprovechadas por la fauna silvestre y las de interés especial, como son aquellas especies emblemáticas de la región.	Suelo despalmado. Material vegetativo Semillas, germoplasma vegetal y la coordinación y participación con la población local y visitantes.	Número de individuos plantados Tasa de sobrevivencia.	Cada seis meses realizar un inventario de los individuos plantados, todo el tiempo que requiera la construcción del proyecto.	Informe semestral de las acciones realizadas.
		La constructora debe reproducir y establecer plantas en sitios para recuperación, protección y mejoramiento de hábitat, áreas verdes, cauce de arroyos intermitentes o banco de materiales.				
		Realizar campañas de revegetación con especies locales y con la participación de la población local, asegurando su sobrevivencia y mantenimiento.				
Compensar las afectaciones sobre la fauna	90%	Permitir y facilitar el escape de la fauna silvestre existente en toda la trayectoria del proyecto y en la cercanía de cuerpos de agua. Establecer acciones de protección a toda la fauna, mediante la elaboración de un catálogo de fauna y la capacitación ambiental a todos los trabajadores que incidan en esta zona, con sanciones estrictas a su incumplimiento.	Elaborar el catálogo de fauna silvestre o folletos informativos. Elaborar el Reglamento de trabajo del personal, en materia de protección ambiental.	Numero de organismos afectados. Numero de nidos y madrigueras reubicadas. Numero de catálogos o folletos publicados. Número de señalamientos colocados.	Semanalmente y un concentrado Mensual, durante todo el tiempo que dure el proyecto.	Informe mensual de las acciones realizadas.
		Establecer como una actividad cotidiana, durante todo el tiempo de trabajo en el trazo del proyecto, el ahuyentamiento de la fauna al inicio de la jornada diaria y reubicación de sus madrigueras o nidos.				
		La empresa constructora debe establecer prohibiciones estrictas y sanciones a todos los trabajadores, para evitar la caza, captura y compraventa y muerte de cualquier organismo de la fauna. Colocar señalamientos preventivos e información alusiva de la fauna silvestre, para su protección y su conocimiento.				
Mitigar el efecto del despalme y eliminación de los horizontes del suelo	80%	Establecer áreas definidas para almacenar y conservar la capa superficial de suelo removido para después ser mezclado con residuos vegetales y ser reutilizado en actividades de rehabilitación ambiental, áreas verdes o en zonas de revegetación. Es necesario destacar que el material edáfico contiene semillas en estado de latencia y microorganismos, que lo convierten en un importante banco de germoplasma, para después disponerla en sitios degradados o de interés para la conservación.	Transportación del suelo al sitio de almacén del suelo. Camiones de carga (los mismos que realizan el acarreo de material) Personal para mezclar la vegetación y suelo	Volumen de suelo recuperado y reutilizado	Solo durante las acciones de despalme	Informe de los volúmenes reutilizados de suelo (número de camiones obtenidos).
Proteger la calidad del agua de arroyos intermitentes.	80%	Realizar la excavación y actividades asociadas a la construcción en zonas cercanas a los arroyos intermitentes, durante la época de sequía, permitiendo un desarrollo de actividades de manera más expedita.	Planeación de los trabajos.	Número de actividades programadas en cada cauce.	Previo al inicio de las actividades constructivas.	Planeación de las actividades a realizar.
		Evitar la caída de materiales al cauce de arroyos intermitentes, estableciendo un distanciamiento o una barrera física, de protección entre el área de trabajo y el cauce.				Informe mensual de los incidentes.

OBJETIVO	ALCANCES	PROCEDIMIENTO	RECURSOS NECESARIOS	INDICADORES	PERIODICIDAD	REGISTRO DEL CUMPLIMIENTO
		En caso de caída incidental, retirarlos inmediatamente para restablecer la dinámica hidrológica.	Maquinaria y camiones de carga, así como personal auxiliar.	Volumen estimado de material caído a los cauces. Extracción del material caído.	Reporte de los incidentes de caída de material.	Volumen material recuperado del cauce.
Reducir el riesgo de contaminación del agua y suelo por la generación de residuos	100%	Desarrollar un programa de manejo de residuos peligrosos, con la bitácora respectiva, asegurando su almacenamiento temporal y contrato con la empresa especializada autorizada que dará disposición final de los residuos peligrosos.	Contenedores, sitios de almacenamiento temporal y personal para las actividades del programa.	Volumen de residuos manejados durante toda la obra.	Concentrado Mensual, a partir de reportes semanales.	Bitácoras. Contrato con empresa para el manejo de Residuos peligrosos. Manifiesto de residuos peligrosos.
		La empresa constructora debe contar con un programa de manejo de residuos domésticos, con bitácora, donde se especifique el lugar de almacenamiento temporal y el sitio autorizado para la disposición final; debe indicar la existencia de acciones de reciclaje de residuos, bajo su responsabilidad.				
		Retirar inmediatamente todos los materiales sobrantes, escombros, residuos y favorecer el retorno de la vegetación alrededor de la obra.	Personal para carga de residuos y transporte.	Volumen de residuos retirados de sitios de obra.	Semanal	Bitácora de residuos de obra recuperados.
Evitar la contaminación fecal	100%	Contratar el uso de sanitarios portátiles, a empresas autorizadas.	Contrato para sanitarios portátiles	Numero de sanitarios	Todo el tiempo que dure la obra.	Arrendamiento
Reducir el nivel de afectación de la calidad del aire.	80%	La empresa constructora debe aplicar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos, equipos y maquinaria.	Taller de mantenimiento. Personal para el mantenimiento. Refacciones e insumos necesarios. Tramitar la verificación federal vehicular.	Programa de mantenimiento Verificación vehicular	Semestral	Bitácoras de mantenimiento de los equipos, maquinaria y vehículos.
		La circulación y el tránsito de los vehículos de carga deben ser con una cubierta de lona en la caja y sobre los materiales transportados.				
		La empresa constructora debe tener un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de carga, contar con la verificación federal y cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera.				
		Respetar los límites de velocidad, principalmente en la Zona Poblada.	Reglamento interno aplicable a vehículos	Incidentes de tráfico	Semanal	Informe mensual
		Regar la zona de trabajo.	Pipa de agua.	Volumen de agua utilizada	Semanal	Bitácoras de obra.
Evitar la inestabilidad de los materiales geológicos	90%	Estabilizar los cortes, taludes y terraplenes, con muros de concreto en zonas de fuerte pendiente o con materiales inestables.	Personal. Materiales de construcción Semillas de pasto. Germoplasma	Número de obras de protección realizadas Semillas y germoplasma utilizados	Mensual	Informe de las obras de protección realizadas.
		Establecer un programa de vigilancia y monitoreo de zonas inestables.				
		Proteger los taludes con vegetación natural, con especies endémicas colonizadoras y gramíneas.				
Concientizar a los trabajadores de la importancia de la protección ambiental	100%	La empresa constructora debe ofrecer capacitación ambiental a supervisores, operadores de maquinaria y equipo pesado, conductores de vehículos, previo al inicio de actividades.	Materiales para los cursos Instructor	Cursos ofrecidos Número de personal capacitado	Todo el tiempo que dure la obra	Materiales impresos, informes, pago a

OBJETIVO	ALCANCES	PROCEDIMIENTO	RECURSOS NECESARIOS	INDICADORES	PERIODICIDAD	REGISTRO DEL CUMPLIMIENTO
		Otorgar capacitación y educación ambiental a los pobladores		Asistentes		instructores y convenio realizado.
Ofrecer condiciones de seguridad a la población	100%	Asegurar el tráfico libre y seguro de los pobladores y conductores a lo largo del trayecto del proyecto, durante la preparación del sitio y la construcción del proyecto, con la inclusión y permanencia de personal de vigilancia del control de tráfico, movimiento vehicular y maquinaria e incorporar señalamientos visuales y luminosos suficientes.	Personal de vigilancia y control de tráfico. Señalamientos de protección	Personal contratado Número de incidentes Señalamientos incorporados	Todo el tiempo que dure la obra	Facturas de compra. Nóminas del personal Reportes de incidentes.
Ofrecer condiciones de seguridad y salud en el trabajo al personal	90%	La empresa constructora debe integrar suficientes señalamientos informativos y preventivos a lo largo de toda la ruta recorrida por los vehículos de carga y realizar su mantenimiento periódico. Dotar de equipo de protección personal y vigilar su adecuado uso, e incluir letreros señalando las prohibiciones para evitar algún tipo de accidente.	Señalamientos Equipo de protección personal Reglamento de uso Capacitación	Señalamientos integrados. Equipos de protección personal Número de cursos	Todo el tiempo que dure la obra.	Facturas de compra Pago a instructores.
Evitar conflictos sociales	100%	Indemnizar a los propietarios de los terrenos utilizados para la construcción del proyecto.	Pago de los predios	Conflictos y retraso de obra	Previo al inicio de actividades	Contrato con propietarios.
Atender las afectaciones ambientales que ocurren en el banco de materiales	80%	El propietario del banco debe contar con el permiso vigente de explotación. El propietario del banco debe dar mantenimiento preventivo periódico a los caminos de acceso. El propietario del banco debe desarrollar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados y cumplir con la verificación federal y normatividad vigente. El propietario del banco debe integrar suficientes señalamientos y otorgar su mantenimiento periódico a lo largo de la trayectoria de vehículos de carga. El propietario del banco debe realizar el control de polvos, rehabilitación de áreas explotadas y desarrollar un programa de protección ambiental, como la revegetación y protección de la fauna silvestre.	Documentación, informes, permisos, bitácoras, autorización que debe poseer el propietario del banco de materiales	Grado de cumplimiento de todos los rubros por parte del propietario del banco de materiales	Durante todo el tiempo que se extraiga material del banco, prácticamente la etapa de construcción.	Documentación vigente y pertinente de las acciones realizadas por el propietario del banco de materiales.

Fuente: PIMEX, 2022

VI.4. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.

El Programa de vigilancia ambiental que se llevarán a cabo tiene como objetivo garantizar que la operación del proyecto sea un espacio donde todos participen conscientemente en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, no solo dentro del espacio del presente proyecto, sino que lo lleven a su vida diaria e influyan en su colectividad. Durante la etapa de preparación del sitio y construcción el contratista será responsable de las condicionantes ambientales y los programas de vigilancia ambiental, en la etapa de operación y mantenimiento será el representante legal el encargado de darle seguimiento a las condicionantes ambientales. Los costos para el seguimiento de las condicionantes ambientales o medidas de mitigación, durante la etapa de obra, las propondrá el constructor del proyecto. Es importante considerar que un ecosistema es un sistema biológico formado por dos elementos indisociables, el biotopo (conjunto de componentes abióticos: clima, geología, geomorfología, hidrología superficial y subterránea, edafología) y la biocenosis (conjunto de componentes bióticos: vegetación y fauna terrestre y acuática) que interactúan entre sí, constituyendo una unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente existente en un espacio y tiempo determinados. La capacidad de carga de un ecosistema es el límite o nivel umbral que tiene para soportar el desarrollo de una o varias actividades (uso del espacio o aprovechamiento de recursos), que debe garantizar la integridad funcional depende de la conservación de las complejas y dinámicas relaciones entre los componentes del Ecosistema. El proyecto se desarrolla en un sitio modificado, delimitado y caracterizado previo al inicio de las actividades con el fin de monitorear los efectos potenciales generados por las actividades de preparación del sitio y construcción sobre los componentes abióticos y bióticos del ecosistema, así como para evaluar los efectos de la aplicación de las medidas de mitigación y/o compensación. Una vez realizada la integración de las medidas de mitigación y compensación del Proyecto, éstas se incluyeron en Acciones de Seguimiento de Calidad Ambiental de acuerdo con la identificación y evaluación de impactos ambientales y las medidas de mitigación y/o compensación. Algunos de las Acciones de Seguimiento de Calidad Ambiental darán cumplimiento directo a determinadas problemáticas, tal es el caso de las acciones de protección de Fauna Silvestre y la Flora, entre otras. Mediante el seguimiento es posible obtener información útil para conocer el estado ambiental, del proyecto y su entorno, identificar los problemas ambientales y aplicar correctamente las medidas para su prevención y mitigación.

En el caso de este proyecto, el objetivo de la vigilancia y control es verificar si durante su desarrollo se cumple con las disposiciones de las leyes y reglamentos aplicables en materia de impacto ambiental, contaminación atmosférica, residuos peligrosos, contaminación originada por la emisión de ruido y el incumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables. Por otra parte, el programa permitirá cuantificar impactos cuya afectación fue difícil prever durante la evaluación del impacto ambiental, para así modificar o establecer las medidas de mitigación adecuadas, en caso de que las ya aplicadas no sean suficientes. Igualmente podrá detectar impactos o alteraciones no previstos en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso, adoptarse medidas de remediación o compensación. El seguimiento de las actividades de prevención y mitigación deberá soportarse documentalmente con los siguientes instrumentos:

- Bitácora: En esta se especificarán las actividades realizadas durante el día.
- Reporte mensual: En este reporte se señalará el desarrollo de las actividades de la obra, además de indicar la forma en que se realizó la medida de mitigación del impacto generado.
- Memoria fotográfica: El reporte mensual deberá incluir un anexo fotográfico. Las fotografías que se incluyan deberán avalar y evidenciar la implementación de las medidas de mitigación durante el desarrollo de actividades realizadas durante el mes.
- Reporte final: deberá ser elaborado a manera de evaluación y conclusión del desarrollo de la obra; de ser necesario, se entregará un informe final a las autoridades que lo requieran.

El supervisor ambiental será responsable del manejo ambiental, seguimiento de la aplicación de las medidas de mitigación, del seguimiento, así como, la evaluación de forma continua de los impactos ambientales. Además, será responsable de:

- Dirigir y documentar las inspecciones del ambiente.
- Proporcionar apoyo técnico para las actividades del cumplimiento ambiental.
- Organizar y supervisar el rescate y reubicación de flora.
- Organizar y supervisar el monitoreo y reubicación de la fauna.
- Preparar los informes requeridos (bitácora, reporte mensual, memoria fotográfica)

La siguiente tabla, pretende proporcionar una base en cuanto a la organización de actividades referentes al plan de manejo ambiental de acuerdo con la calendarización de la instalación del camino y de acuerdo con lo establecido en los diferentes programas que forman parte del manejo ambiental. Sin embargo, el supervisor ambiental debe analizar el conjunto de actividades a realizar y modificar o ajustar la programación presentada. En la siguiente figura se presenta un esquema general de las Acciones que componen el Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental.

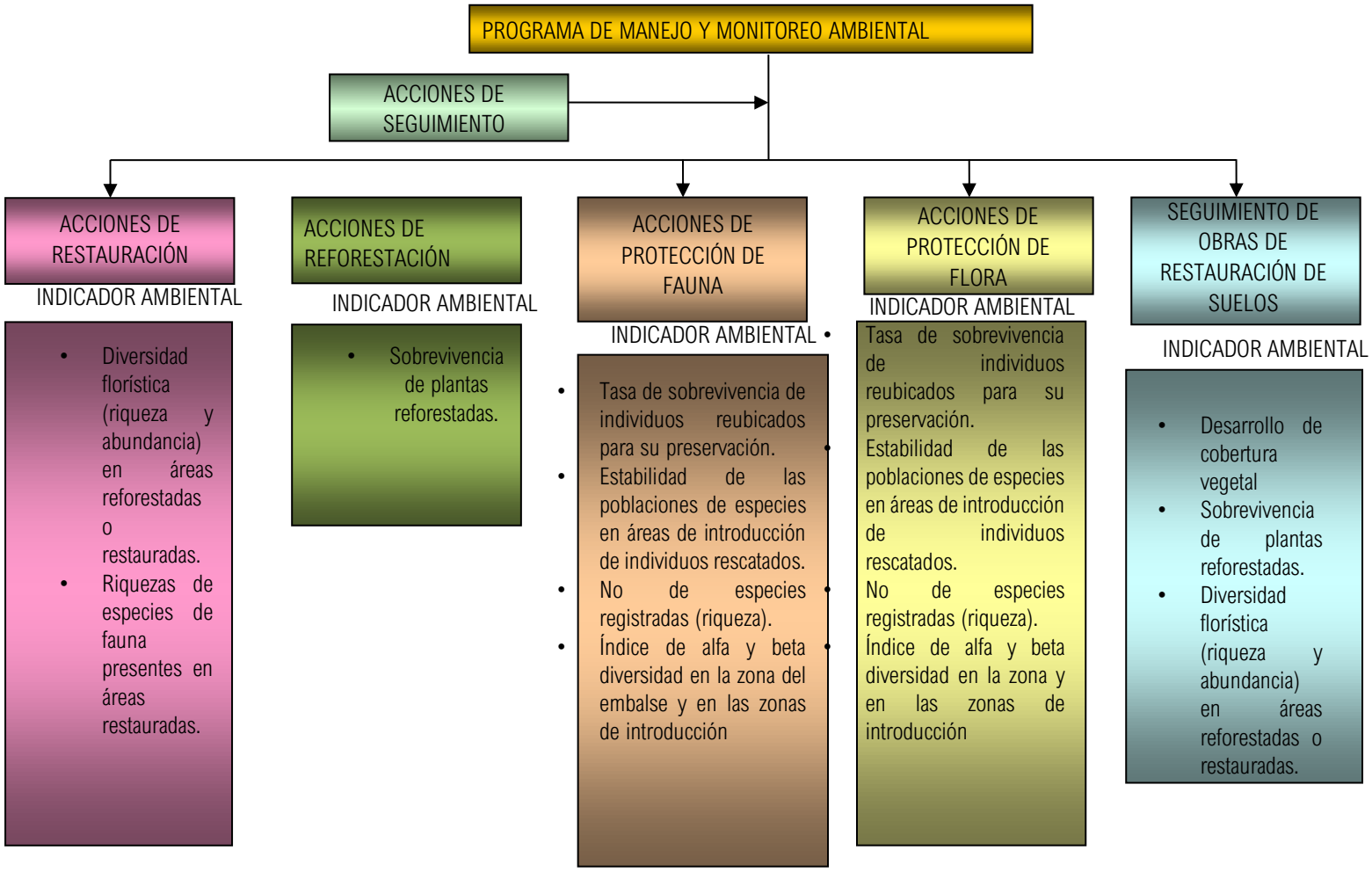
Tabla VI. 19. Ejemplo de Plan de Manejo propuesto (Este se modificará conforme a las necesidades)

PERIODOS DE ACUERDO CON LAS ETAPAS DEL PROYECTO, EN QUE SE APLICARÁN LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS	TRAMITES PREVIOS			PREP. DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN						LIMPIEZA GRAL		OP. Y MTTO	
	Liberación del DV	Trazo del proyecto	Otros estudios	Retiro de vegetación	Despalme	Obras provisionales	Excavaciones	Drenaje menor	Acarreos	Terraplenes	Pavimentación	Señalamientos	Retiro de maquinaria	Limpieza general	Operación	Mantenimiento
ECOLOGÍA																
Realizar el rescate y reubicación			■	■												
Prohibir extracción de flora silvestre en especial aquella con alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Prohibir introducción de flora exótica				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Prohibir el uso de químicos o fuego para el retiro de vegetación en áreas de apertura				■												
Limitar la circulación de vehículos a la Línea de Ceros propuesta				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Capacitación a los trabajadores sobre el respeto a la vegetación y fauna				■	■	■										
Adecuación de las Obras de Drenaje para ser utilizadas como pasos para la fauna								■								
Monitoreo y rescate de fauna			■	■												
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL																
Prohibir realizar cualquier tipo de actividad durante la noche				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Utilizar iluminación localizada para áreas de instalaciones temporales						■										
Programar las actividades evitando la temporada de lluvia	■	■	■													
Instalar sanitarios portátiles						■										
Almacén de material de despalme en áreas adecuadas					■											
Limitar la circulación de vehículos a la LC propuesta							■	■	■	■						
Remoción del suelo donde hayan ocurrido derrames de combustibles o aceites							■	■	■	■	■	■		■		
Instalar recipientes para disposición de residuos urbanos				■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		
Disposición final de RU en sitios autorizados por el municipio				■	■	■	■	■	■	■	■	■		■		
Instalar recipientes y almacén temporal para RP´s				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Transporte y disposición final de RP´s por empresa autorizada				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
ASPECTOS ESTÉTICOS																
Evitar exceso de carga en vehículos de acarreo									■							
Realizar mantenimiento preventivo en maquinaria y vehículos							■	■	■	■	■	■				
Descompactación del suelo al retirar instalaciones provisionales														■		
Establecer un programa permanente de recolección de residuos en el DV															■	■
ASPECTOS DE INTERÉS HUMANO																
Contratar trabajadores de las poblaciones cercanas	■	■	■													
Establecer un sistema de seguridad en los frentes de trabajo				■	■	■	■	■	■	■	■	■				

PERIODOS DE ACUERDO CON LAS ETAPAS DEL PROYECTO, EN QUE SE APLICARÁN LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS	TRAMITES PREVIOS			PREP. DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN						LIMPIEZA GRAL		OP. Y MTTO	
	Liberación del DV	Trazo del proyecto	Otros estudios	Retiro de vegetación	Despalme	Obras provisionales	Excavaciones	Drenaje menor	Acarreos	Terraplenes	Pavimentación	Señalamientos	Retiro de maquinaria	Limpieza general	Operación	Mantenimiento
Colocar señalamientos preventivos																
Contar con botiquín de emergencias																
Proveer los trabajadores con equipo de protección personal																
Dar mantenimiento preventivo y correctivo al camino																

En la siguiente figura se presenta un esquema general de las Acciones que componen el Plan de Manejo y Monitoreo Ambiental.

Imagen VI. 2. Elementos del Programa de manejo y monitoreo ambiental.



Se aplicará el plan vigilancia como parte del PMA para garantizar la efectividad de las acciones que tienen como propósito controlar todos y cada uno de los impactos ambientales.

1. ACCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y RUIDO.

Etapa que se aplicara:

Preparación del Sitio y Construcción.

Parámetro:

Contaminación del medio físico.

Impactos objetivo:

Afectaciones a la atmósfera y el ambiente.
Emisión de humo y polvo.
Producción de malos olores.
Generación de ruido.

Procedimientos:

1.- Vigilar que los vehículos que transporten materiales estén cubiertos con lonas o plásticos para evitar la caída de materiales y polvos.

2.- Se prohibirá que los trabajadores realicen fogatas para calentarse o cocinar sus alimentos.

3.- vigilar la separación de residuos sólidos y verificar que aquellos que consistan en restos de alimentos sean recolectados a la brevedad, debiéndose almacenar correctamente de manera temporal, para evitar la aparición de fauna nociva y malos olores.

4.-El supervisor ambiental debe vigilar y exigir que todos los vehículos estén afinados y cuenten con la verificación vehicular y se tener los documentos y matrícula de vehículos debidamente registrados.

Responsable:

Contratista y supervisor ambiental.

Periodicidad:

Se vigilará durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto (y durante la etapa de abandono del sitio en caso de que se presente).

Equipos:

Cubiertas plásticas y Lonas.
Recipientes de residuos con trampa de antifauna.
Bitácoras.
Comprobantes de verificación vehicular.
Cámara fotográfica.

Tipo de apoyo:

Externo.

Aspectos por considerar:

Garantizar que no existan emisiones a la atmósfera que puedan dañar la salud de la población aledaña y de los trabajadores.

Duración de aplicación:

Durante todo el tiempo en que se efectué la construcción del proyecto, hasta limpiar el área del proyecto después de concluida la obra y se desmantele el patio de maniobras.

Documentos probatorios relevantes:

Contratos de servicios.
Autorización de la empresa prestadora de servicios por parte de la autoridad ambiental competente.
Comprobante de autorizaciones para disposición final de aguas y residuos sólidos.
Bitácoras de registro.

Indicador de realización

Fotografías y comprobantes de verificación vehicular.

Indicador de efecto:

Ausencia de materiales contaminantes.

Umbrales de alerta:

Presencia de malos olores.

Falta de visibilidad.

Umbral inadmisible:

Personal con enfermedades respiratorias.

Contaminación del sitio y de sus alrededores.

Frecuencia de revisión del cumplimiento:

Se deberá vigilar diariamente el cumplimiento de estas medidas y tener reportes semanales que deberán mostrarse a la autoridad cuando se requieran, con evidencia fotográfica.

2.- PROGRAMA DE REFORESTACIÓN.

Etapa que se aplicara:

Construcción y operación.

Parámetro:

A los individuos reforestados se les deberá proporcionar los cuidados correspondientes para garantizar una sobrevivencia mínima del 80%.

Impactos objetivo:

Compensación y aumento de cobertura vegetal.

Procedimientos:

1. Identificar y delimitar áreas a reforestar.
2. Determinar especies y cantidad de planta.
3. Obtener material vegetativo (producción de planta en vivero y propagación vegetativa).
4. Preparación y protección del terreno.
5. Transporte de plantas.
6. Plantación.
7. Mantenimiento de la plantación y reemplazo de individuos muertos.

Responsable:

Contratista y supervisor ambiental.

Periodicidad:

Se vigilará durante las fases de construcción y operación y se reportará cada 6 meses y un reporte final.

Tipo de apoyo:

Empresas especializadas en reforestación y conservación de recursos naturales.

Aspectos por considerar:

Garantizar que no se mezclen los residuos con los sustratos a utilizar para la planta.

Duración de aplicación:

Durante todas las fases de desarrollo del proyecto, y en particular en la fase crítica que corresponde la sobrevivencia de las plántulas.

Documentos probatorios relevantes:

Contratos de servicios.

Autorización de la empresa prestadora de servicios.

Bitácoras de registro.

Indicador de realización:

Material fotográfico y comprobantes de recibo de las empresas.

Indicador de efecto:

Mejora del entorno.

Umbrales de alerta:

Mortandad de plántulas en un 5%.

Umbral inadmisible:

Mortandad de plántulas en un 21%.

3.- PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE ESPECIES DE FAUNA Y FLORA NATIVA (INCLUYE ACCIONES DE RESCATE Y REUBICACIÓN.

Etapa que se aplicara:

Preparación del sitio y construcción.

Parámetro:

Preservación y conservación de especies de flora y fauna silvestres.

Impactos objetivo:

Conservación y protección de la biodiversidad.

Procedimientos:

1. Efectuar el desplazamiento de fauna silvestre en la zona de los trabajos y áreas adyacentes.
2. Activar el procedimiento de rescate de flora y métodos de rescate de fauna de especies susceptibles.
3. Colecta, captura e identificación de los individuos, que incluye mediciones morfométricas;
4. Obtener germoplasma para la propagación vegetativa de especies protegidas,
5. Traslado y reubicación de las especies rescatadas a un área ecológicamente similar, las características que los sitios deben poseer para asegurar el éxito del rescate son:

   Que presente condiciones y recursos adecuados para la sobrevivencia y desarrollo de los ejemplares reubicados,

   Que se encuentre a una distancia lo más cercana posible para disminuir el estrés de los organismos a relocalizar, y

   Que cuente con protección o inaccesibilidad para minimizar la perturbación de los ejemplares o que puedan poner en riesgo a las personas, cuando se trata de especies venenosas (ej. serpientes) o que entran en conflicto con el humano.

Responsable:

Contratista y supervisor ambiental.

Periodicidad:

Se vigilará durante las fases de preparación y construcción y se reportará cada 6 meses y un reporte final.

Tipo de apoyo:

Empresas especializadas en conservación y manejo de flora y fauna silvestres.

Duración de aplicación:

Previo al inicio de la etapa de preparación del sitio para ahuyentado, rescate y reubicación de flora y fauna silvestre y hasta el final de la construcción para adecuar obras de drenaje.

Documentos probatorios relevantes:

Contratos de servicios.

Autorización de la empresa prestadora de servicios.

Bitácoras de registro.

Indicador de realización:

Material fotográfico y comprobantes de recibo de las empresas.

Indicador de efecto:

Conservación de biodiversidad

Umbrales de alerta:

Mortandad de especies rescatadas y reubicadas en un 10%.

Umbral inadmisible:

Mortandad de especies rescatadas y reubicadas en un 25%.

4.- PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y PROTECCIÓN DE CUERPOS DE AGUA.

Etapa que se aplicara:

Preparación del sitio y construcción.

Que el sitio de reubicación del suelo cuente con protección o inaccesibilidad para minimizar la perturbación antrópica, ante el depósito clandestino de residuos sólidos o sustancias contaminantes.

Responsable:

Contratista y supervisor ambiental.

Periodicidad:

Se vigilará durante las fases de preparación y construcción y se reportará cada 6 meses y un reporte final.

Tipo de apoyo:

Empresas especializadas en conservación de suelos.

Duración de aplicación:

Previo al inicio de la etapa de preparación del sitio para rescate y reubicación de la capa edáfica superficial hasta el final de la etapa de construcción para la adecuación de obras de drenaje. Se recomienda se ubique aguas arriba de la zona de la obra, para ser utilizado posteriormente para la reforestación.

Documentos probatorios relevantes:

Contratos de servicios.

Autorización de la empresa prestadora de servicios.

Bitácoras de registro.

Indicador de realización:

Material fotográfico y comprobantes de recibo de las empresas.

Indicador de efecto:

Conservación de suelos.

Umbrales de alerta:

Cantidad de suelo perdido hasta en un 40% de su volumen rescatado.

Umbral inadmisible:

Perdida de suelo en más del 40% de su volumen rescatado.

5. PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS, POR GENERACIÓN DE RESIDUOS Y USO DE SUSTANCIAS TÓXICAS.

Etapa que se aplicara:

Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Parámetro:

Contaminación del medio físico.

Impactos objetivo:

Riesgos de toxicidad al agua y suelo.

Procedimientos:

1.- Se construirá un almacén, fuera del área del proyecto, para resguardar de manera provisional algunas sustancias que por su naturaleza pueden ser catalogadas como peligrosas.

2.- Establecer recipientes para el almacenamiento de residuos que pueden considerarse tóxicos como solventes y aceites gastados, así como estopas, mismos que serán registrados en una bitácora y entregados a empresas registrada ante la SEMARNAT, para su manejo, tratamiento y disposición final.

3.- Se aplicará y vigilará el cumplimiento de un plan de separación de residuos sólidos en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.

4.- Se garantizará que no existirán restos de materiales producto de las excavaciones y rellenos, o bien de restos de construcción, a fin de eliminar riesgo de degradación.

5.- Se dispondrá de medidas para que los materiales sobrantes se transporten a empresas especializadas y autorizadas para su reutilización, y con ello reducir cualquier efecto negativo.

6.- En la operación se aplicará una vigilancia estricta sobre el manejo de residuos.

Responsable:

Contratista y supervisor ambiental.

Periodicidad:

Se vigilará durante todas las fases.

Equipos:

Recipientes plásticos con tapa hermética para la separación de potenciales restos tóxicos.
Recipientes metálicos para los restos de construcción.

Tipo de apoyo:

Empresas especializadas en el manejo de residuos.

Aspectos por considerar:

Garantizar que no se mezclen los residuos y que reciban un tratamiento por tipo de residuos, de preferencia buscar el reciclado y reúso de los residuos.
Evitar el contacto de residuos con suelo y agua, así como su dispersión en los escurrimientos.

Duración de aplicación:

Durante todas las fases de desarrollo del proyecto, y en particular en la fase crítica que corresponde a la etapa de preparación y construcción de la obra.

Documentos probatorios relevantes:

Contratos de servicios.
Autorización de la empresa prestadora de servicios.
Comprobante de autorizaciones.
Bitácoras de registro.

Indicador de realización:

Material fotográfico y comprobantes de recibo de residuos por las empresas.

Indicador de efecto:

Evitar contaminación del sitio, reduciendo efectos negativos a la salud de trabajadores.

Umbrales de alerta:

Presencia de residuos en los alrededores y en particular en la zona aledaña a los límites del proyecto.

Umbral inadmisible:

Contacto de residuos con la fauna.

Frecuencia de revisión del cumplimiento:

Se deberán vigilar diariamente el cumplimiento de estas medidas y tener reportes semanales para mostrarse a la autoridad cuando se requieran, con evidencia fotográfica.

6. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO)

Objetivo:

Busca implementar todas las acciones necesarias para llevar a cabo el monitoreo confiable de las variables ambientales más relevantes, incluidas aquellas en que se haya detectado un impacto ambiental negativo.

Cobertura espacial:

El plan de monitoreo ambiental cubrirá todas las condicionantes y términos señalados por la SEMARNAT, para su monitoreo y verificación oportuna, así como las recomendaciones del Programa de Manejo Ambiental.

Descripción.

El Plan de Monitoreo Ambiental incluye todas las acciones y procedimientos necesarios para monitorear las variables ambientales claves y en particular las sujetas a cumplimientos por los instrumentos jurídicos. Los resultados de la implementación de dicho plan de monitoreo serán reportados periódicamente a SEMARNAT. Estos resultados podrán ser verificados por la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA), siendo la Delegación Federal en el Estado, a la que le corresponde dicha

verificación, la cual recibirá copia de los reportes hechos a SEMARNAT. Es importante para el cumplimiento de dicho plan, que sean consideradas las medidas de mitigación y compensación manifestadas dentro la MIA-R, así como en este Plan de Manejo Ambiental. Además, el PMA deberá contener lo siguiente:

a) Indicadores para medir el éxito de las medidas instrumentadas.
b) Acciones de respuesta cuando la aplicación de las medidas no genere los resultados esperados.
c) Plan operativo para la atención a contingencias ambientales.
d) Plazos de ejecución de las acciones y medidas.

VI.5. SEGUIMIENTO Y CONTROL (MONITOREO).

Con la finalidad de cumplir con la implementación de medidas de prevención y mitigación ambiental se deberá aplicar una estrategia de planeación, programación, presupuesto y control, asesorías, cuando aplique. Adicionalmente, la implementación de medidas de prevención y mitigación ambientales en este tipo de proyectos suelen ser variables y dependientes de varios componentes (aire, geología y geomorfología, suelo, hidrología superficial y subterránea, suelos, vegetación y fauna). Estos componentes contienen factores, que son impactados por las actividades que se realizan en cada una de las etapas del Proyecto (Preparación del sitio, Construcción y Operación y Mantenimiento).

El seguimiento y control de las medidas de mitigación se harán de acuerdo con los cuadros siguientes:

Tabla VI. 20. Seguimiento y control de las medidas generales.

	MEDIDA	DOCUMENTO O IMPLEMENTACIÓN	SEGUIMIENTO
	MEDIDAS DE MANEJO		
1	Capacitación ambiental en todos sus trabajadores y exigir la capacitación de los contratistas que tengan asignadas las distintas obras, para el cumplimiento de las medidas previstas en el estudio y la concientización de los trabajadores.	Presentación del Programa o documento de difusión de las medidas	Listas de asistencia a los cursos Relación de recibimiento de la información
2	Establecer como una actividad cotidiana, durante toda la duración de la obra y en caminos de acceso, que el personal induzca el ahuyentado de la fauna, sobre todo la de lento desplazamiento, como reptiles, incluyendo la reubicación de sus madrigueras o nidos, en sitios más conservados.	Presentación del programa Impartición de pláticas periódicas (cada 6 meses)	Listas de asistencia a los cursos Relación de recibimiento de la información
3	Establecer a los trabajadores prohibiciones estrictas y sanciones para evitar acciones que afecten a la fauna silvestre, como la caza, captura y compraventa, así como la muerte de cualquier tipo de vegetación existente.	Presentación del programa Impartición de pláticas periódicas (cada 6 meses)	Listas de asistencia a los cursos Relación de recibimiento de la información
4	Durante el desmonte y despalme, se deben triturar los residuos vegetales depositando y mezclando con el suelo, aguas arriba de la zona adyacente o perimetral al proyecto, para el futuro enriquecimiento de las condiciones edáficas	Registro de los volúmenes de residuos vegetales mezclados con el suelo.	Bitácora Memoria fotográfica de la colocación de la materia vegetal y su mezcal con materiales edáficos.
5	Eliminar la vegetación por medios mecánicos y manuales nunca con métodos químicos, ni quemas de los residuos orgánicos, se deberá evitar el uso de pesticidas.	Bitácora Registro fotográfico de la actividad	Bitácora Registro fotográfico de la actividad
6	Limpiar los sitios al concluir las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono el sitio.	Bitácora Registro fotográfico de la actividad Contrato con la empresa que moverá los residuos	Bitácora Registro fotográfico de la actividad Constatar el cumplimiento del contrato
	MEDIDAS DE PREVENCIÓN		
7	Los camiones que circulen con materiales que emitan polvo deberán estar cubiertos con una lona.	Oficio con la instrucción	Bitácora Registro fotográfico
8	Circular a baja velocidad para evitar al mínimo la dispersión de polvos en los caminos de acceso y respetar el límite de velocidad, para proteger a la fauna que cruza por estas vías.	Oficio con la instrucción	Bitácora Registro fotográfico
	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN		
9	Colocar la capa superficial del suelo (máximo hasta los 10 cm de profundidad) de los despalmes en un sitio aguas arriba, para utilizarlo en la reforestación o en aquellos sitios destinados a la recuperación ecológica, a fin de recuperar la condición orgánica del suelo y favorecer la colonización vegetal.	Plano con los sitios para colocación del material Bitácora Registro fotográfico	Bitácora Registro fotográfico
10	En las diferentes actividades de las obras, cerrar cualquier zanja abierta, para evitar que se convierta en trampa para la fauna.	Oficio con la instrucción	Bitácora Registro fotográfico

Fuente: PIMEX, 2022

Tabla VI. 21. Seguimiento y control de las medidas de mitigación.

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	DOCUMENTACIÓN	INDICADOR DE LA REALIZACIÓN	INDICADOR DE RESULTADO	MEDIDAS EMERGENTES	PERIODICIDAD
PREPARACIÓN EL SITIO Y CONSTRUCCIÓN							
Aire	Calidad del aire	Contar con un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.	Bitácora de mantenimiento	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar vehículos a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
		Evitar que vehículos, maquinaria y equipo funcionen de manera innecesaria, para reducir emisión de contaminantes y consumo de combustible	Oficio de indicaciones a operadores	Observación de la maquinaria	Observar a la maquinaria sin funcionamiento cuando se requiera	Llamada de atención a los operadores	Diario
	Partículas suspendidas	Riego en áreas de vialidades de terracería para evitar la generación de material particulado	Bitácora	Observación y documentar la actividad	Ausencia de partículas en el aire	Humedecer las zonas	Cuando sea necesario o se requiera
		Humedecer las áreas de trabajo que generen material particulado.	Bitácora	Observación y documentar la actividad	Ausencia de partículas en el aire	Humedecer las zonas	Cuando sea necesario o se requiera
		Aplicar un programa de mantenimiento preventivo vehicular, con los registros actualizados.	Bitácora de mantenimiento	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
	Niveles de ruido	Aplicar un Programa de mantenimiento preventivo a maquinaria, vehículos y equipo, con registros actualizados.	Bitácora de mantenimiento	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
		Los equipos de mayor emisión de ruido serán utilizados en horarios de actividad diurna.	Registro de la emisión de ruido	Presencia de vehículos	Cumplimiento de normatividad	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso Medir el ruido semanalmente
		Evitar que vehículos, maquinaria y equipo funcionen mientras no sea necesario, para reducir la emisión de contaminantes y consumo de combustible	Oficio de indicaciones a operadores	Observación de la maquinaria	Observar a la maquinaria sin funcionamiento cuando se requiera	Llamada de atención a los operadores	Diario
Geología y Geomorfología	Relieve y Microrelieve	Limitar las nivelaciones y compactaciones únicamente a las zonas definidas en el Proyecto.	Bitácora de obra Registro fotográfico	Superficies de obra realizados	Superficies de obra concluidos	Rectificación de acuerdo con el proyecto. Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
		Tener control estricto de los materiales para evitar que caigan en líneas de escorrentía	Bitácora de obra Registro fotográfico	Observación en las zonas de interés que estén libres de materiales	Registro fotográfico	Rectificación de acuerdo con el proyecto. Limpiar la zona Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
Suelo	Estructura del suelo	Delimitar el área del desmonte y despalme previo al inicio de actividades, para solo	Bitácora de obra Registro fotográfico	Superficies de obra realizados	Superficies de obra concluidos	Rectificación de acuerdo con el proyecto	Semanalmente

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	DOCUMENTACIÓN	INDICADOR DE LA REALIZACIÓN	INDICADOR DE RESULTADO	MEDIDAS EMERGENTES	PERIODICIDAD
		afectar los sitios destinados a la construcción y operación				Restauración de zonas afectadas	
		El suelo retirado deberá colocarse un área aguas arriba donde no se realice ninguna construcción.	Bitácora de obra Registro fotográfico	Superficies de obra realizados	Volúmenes movidos	Rectificación de acuerdo con el proyecto Memoria fotográfica Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
	Calidad del suelo	Implementar el Plan de Manejo Integral de Residuos, el cual incluirá programas que contarán con indicadores para medir su efectividad de la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas del Plan son los siguientes: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	Presentación del Plan de manejo autorizado por SEMARNAT Contratos con las empresas de manejo de residuos	Cumplimiento del Plan	Registro del área libre de residuos Memoria fotográfica	Limpiar la zona inmediatamente Restauración de zonas afectadas	Diario
		Se monitoreará la detección de derrames de hidrocarburos en las áreas del proyecto, para evitar su conducción a líneas de escorrentía.	Bitácora de obra Registro fotográfico	Supervisión por las zonas	Superficies monitoreadas Memoria fotográfica	Limpieza del suelo contaminado Memoria fotográfica Contrato con la empresa de limpieza Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
	Erosión	Realizar riegos, en caso de ser necesario, durante la Preparación del sitio y Construcción.	Bitácora de obra Datos de campo de índices de erosión Registro fotográfico	Implementación de medición de erosión Bitácora Registro fotográfico	Reducción del índice de erosión Memoria fotográfica	Implementar medidas más estrictas para detener la erosión Limpiar la zona inmediatamente Restauración de zonas afectadas	En época de lluvias o vientos mensualmente Diario
Hidrología superficial	Calidad del agua	implementar el Plan de Manejo Integral de Residuos y sus programas que contarán con indicadores para medir su efectividad en la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas son: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	Presentación del Plan de manejo autorizado por SEMARNAT Contratos con las empresas de manejo de residuos	Cumplimiento del Plan Cumplimiento de la normatividad en materia de agua	Registro del área libre de residuos Memoria fotográfica		
		Se utilizarán letrinas portátiles, una por cada 20 trabajadores, durante la etapa de Preparación del sitio y Construcción.	Contrato con el proveedor	Presencia de las letrinas	Documento del proveedor de mantenimiento periódico	Contratación de más letrinas o incremento en el mantenimiento de	De acuerdo con el contrato realizado

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	DOCUMENTACIÓN	INDICADOR DE LA REALIZACIÓN	INDICADOR DE RESULTADO	MEDIDAS EMERGENTES	PERIODICIDAD
		Realizar el monitoreo de detección de derrames en la zona del proyecto, para evitar su conducción a cuerpos de agua	Bitácora de obra Registro fotográfico	Supervisión por las zonas	Superficies monitoreadas Memoria fotográfica	Limpieza del suelo contaminado Memoria fotográfica Contrato con la empresa de limpieza Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
Vegetación	Estructura y composición	Implementar el Programa de rescate y reubicación de especies de flora. Implementar el Programa de compensación ambiental.	Programa aprobado por SEMARNAT Programa de compensación ambiental	Bitácora y registro de especies rescatadas y reubicadas Realización de las actividades propuestas en el programa de compensación	Cumplimiento de los indicadores aprobados en el programa	Ajustes a los programas	De acuerdo con el programa
Fauna	Abundancia y distribución de las comunidades	Se ejecutará el Programa de rescate de fauna silvestre que incluye: • Previo a las actividades de desmonte y despalme, identificará y moverá en caso de ser factible nidos y madrigueras • En caso de encontrar algún sitio de anidación, se dejará que la especie cumpla con el ciclo reproductivo para posteriormente reubicar las crías • Realizar acciones para ahuyentar y rescatar especies de hábitos subterráneos, de lento desplazamiento, principalmente de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. • Liberar individuos en sitios seleccionados con anterioridad comprobando que sean lo más parecidos donde se rescataron los especímenes	Programa aprobado por SEMARNAT Programa de compensación ambiental	Bitácora y registro de especies rescatadas y reubicadas Realización de las actividades propuestas en el programa de compensación	Cumplimiento de los indicadores aprobados en el programa	Ajustes a los programas	De acuerdo con el programa
	Hábitat	Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique.	Plano de zonas a modificar	Supervisión y registro de la actividad. Memoria fotográfica	Registro de las zonas modificadas Memoria fotográfica	Rectificación del trazo. Restauración de zonas afectadas	Semestralmente
Paisaje	Calidad escénica	Se evitará la afectación de zonas que no sean destinadas para realizar alguna actividad que el Proyecto indique.	Memoria fotográfica de las condiciones iniciales	Bitácora Supervisión	Bitácora Supervisión Memoria fotográfica	Restauración de zonas afectadas	Trimestralmente
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	DOCUMENTACIÓN	INDICADOR DE LA REALIZACIÓN	INDICADOR DE RESULTADO	MEDIDAS EMERGENTES	PERIODICIDAD
Aire	Calidad del aire	Aplicar el programa de mantenimiento preventivo vehicular y maquinaria, con registros actualizados.	Bitácora de mantenimiento	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
		Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo este en operación sin uso, para reducir la emisión de contaminantes y consumo de combustible	Oficio de indicaciones a operadores	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
		Mantener en óptimas condiciones la vegetación de la zona de conservación para que absorban la contaminación ambiental	Bitácora Programa de mantenimiento Registro fotográfico Plan de manejo de la zona de conservación	Cumplimiento del plan de manejo Registro Fotográfico	Cumplimiento de los indicadores incorporados en el Plan de manejo Registro Fotográfico	Sustitución de la vegetación Restauración de la zona de conservación Ajustes al programa	Semestralmente
	Partículas suspendidas y Ruidos	Tener un programa de mantenimiento preventivo a vehículos y maquinaria, manteniendo los registros actualizados.	Bitácora de mantenimiento	Documento del taller de mantenimiento	Funcionamiento correcto del vehículo	Llevar a mantenimiento	Mantenimiento que se requiera por uso
		Se evitará que vehículos, maquinaria y equipo este en operación sin uso, para reducir la emisión de contaminantes por el uso de combustible	Oficio de indicaciones a operadores	Observación de la maquinaria	Observar a la maquinaria sin funcionamiento cuando se requiera	Llamada de atención a los operadores	Diario
Suelo	Calidad del suelo	Implementar el Plan de Manejo Integral de Residuos y sus programas con indicadores para medir su efectividad en la recolección, separación, almacenamiento temporal y eventual transferencia a sitios de disposición adecuados. Los programas del Plan son los siguientes: • Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial • Programa de Manejo de Residuos Peligrosos	Presentación del Plan de manejo autorizado por SEMARNAT Contratos con las empresas de manejo de residuos	Cumplimiento del Plan	Registro del área libre de residuos Memoria fotográfica	Limpiar la zona inmediatamente Restauración de zonas afectadas	Diario
		Monitorear la detección de derrames de hidrocarburos u otras sustancias en las áreas del proyecto, para evitar su conducción al drenaje superficial	Bitácora de obra Registro fotográfico	Supervisión por las zonas	Superficies monitoreadas Memoria fotográfica	Limpieza del suelo contaminado Memoria fotográfica Contrato con la empresa de limpieza Restauración de zonas afectadas	Semanalmente
Hidrología	Calidad del agua	Detectar derrames de hidrocarburos o de cualquier sustancia en la zona del proyecto.	Bitácora de obra Registro fotográfico	Supervisión por las zonas	Superficies monitoreadas Memoria fotográfica	Limpieza del suelo contaminado Memoria fotográfica	Semanalmente

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	DOCUMENTACIÓN	INDICADOR DE LA REALIZACIÓN	INDICADOR DE RESULTADO	MEDIDAS EMERGENTES	PERIODICIDAD
						Contrato con la empresa de limpieza Restaurar zonas afectadas	
		Contar con un Programa de manejo de residuos solidos	Presentación del Plan de manejo autorizado por SEMARNAT Contratos con las empresas de manejo de residuos	Cumplimiento del Plan	Registro del área libre de residuos Memoria fotográfica	Limpiar la zona inmediatamente Restauración de zonas afectadas	Diario

Fuente: PIMEX, 2022.

VI.5. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS.

En base al acuerdo mediante el cual se expide los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación. Publicado en el año 2006. El costo por este rubro se obtiene en base a la siguiente tabla.

Tabla VI. 22. Costos de referencia para compensación ambiental

CONCEPTO	COSTO DE REFERENCIA PARA COMPENSACIÓN AMBIENTAL POR ECOSISTEMA [MONTO ($) POR HECTÁREA]				
Actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento	TEMPLADO	TROPICAL	ÁRIDO Y SEMIÁRIDO	MANGLARES	OTROS HUMEDALES
	26,508.95	18,363.30	14,002.23	59,992.23	188,556.75

Fuente: PIMEX, 2022

En el área del proyecto se cuenta solo con ecosistema Templado Frío, pero derivado del cambio del valor del salario mínimo con respecto a la fecha de publicación se desarrolla a continuación el cálculo del costo por ecosistema y hectárea.

Costo por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento = (precio de la planta para reforestación multiplicado por el número de plantas necesarias) + (Precio de la mano de obra multiplicado por el número de jornales requeridos para reforestación) + (Precio del transporte de planta multiplicado el número de kilómetros necesarios) + (Precio de la mano de obra multiplicado por el número de jornales requeridos para las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación) + (Precio de la mano de obra multiplicado por el número de jornales requeridos para llevar a cabo el mantenimiento) + (precio de la mano de obra multiplicada por el número de jornales requeridos para llevar a cabo la asesoría técnica).

I.-El precio de la planta es el que se señala en la tabla:

Tabla VI. 23. Costo de la planta

ECOSISTEMA	COSTO DE PLANTA
Templado Frío	$148.00

Fuente: PIMEX, 2022

II.- El precio del flete de planta, incluyendo la carga y descarga es de: $1650.00 por kilómetro.
III.- El precio de la mano de obra, es el equivalente al salario mínimo vigente para cada área geográfica (smvz), determinado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, por lo cual el valor es de:

Tabla VI. 24. Salario Mínimo.

ÁREA GEOGRÁFICA	MONTO DEL SALARIO MÍNIMO/POR JORNAL
A	$172.87

Fuente: PIMEX, 2022

Las cantidades para determinar los costos de referencia son las siguientes:
I.- La cantidad de plantas o densidad de plantaciones igual al número de plantas requerido por ecosistema para garantizar la restauración de acuerdo con la tabla:

Tabla VI. 25. Número de plantas por hectárea.

ECOSISTEMA	(NÚMERO DE PLANTAS POR HECTÁREA)
Templado Frio	2,240

Fuente: PIMEX, 2022

II.- La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las reforestaciones igual a 19 jornales
III.-La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo las obras de conservación de suelos y preparación para la reforestación es de 70 jornales
IV.- La cantidad de mano de obra por hectárea para llevar a cabo el mantenimiento es igual a: 28 jornales
V.- La cantidad de mano de obra por hectárea para la asesoría técnica es igual a: 7 jornales

Por lo cual el valor para calcular el costo por hectáreas el siguiente.

Tabla VI. 26. Costo por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento

Costo planta	$148.00
No. plantas/ha	2,240
Mano obra por hectárea (reforestación)	19
Mano obra por hectárea (suelo)	70
Mano obra por hectárea (Mantenimiento)	28
Mano obra por hectárea (asesoría técnica)	7
Salario mínimo	$172.87
Precio del flete de planta, incluyendo la carga y descarga	$1,650
Total, por hectárea	$385,955.88

Fuente: PIMEX, 2022

Costo por hectárea, para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento = (148.00*2,240)+(19*172.87)+(20*1,650)+(70*172.87)+(28*172.87)+(7*172.87)= **$**385,955 por hectárea.

Así mismo en base al Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales se mencionan a continuación.

Tabla VI. 27. Acuerdo por el que se establecen los niveles de equivalencia para la compensación ambiental por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

		PUNTOS
	I. TIPO DE ECOSISTEMA.	**PUNTOS**
a.	Semiárido, trópico seco	1
b.	Humedales sin mangle, templado frío, excepto bosque mesófilo de montaña, trópico húmedo, excepto selva alta perennifolia	**3**
c.	Humedales con mangle, vegetación de galería, bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia	5
	II. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN.	
a.	Vegetación secundaria en proceso de degradación	**1**
b.	Vegetación secundaria en proceso de recuperación o en buen estado de conservación	2
c.	Vegetación primaria en proceso de degradación	3
d.	Vegetación primaria en proceso de recuperación o en buen estado de conservación	4
	III. PRESENCIA DE ESPECIES DE FLORA O FAUNA SILVESTRE LISTADAS EN ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO DE ACUERDO CON LA NOM-59-SEMARNAT-2001.	
a.	Sujetas a protección especial	1
b.	Amenazadas	**2**
c.	En peligro de extinción	3
* Si cualquiera de las especies presentes es endémico se suma un punto adicional		(+1)
	IV. SERVICIOS AMBIENTALES ESTABLECIDOS EN LA LGDFS QUE SE AFECTAN.	
a.	Cuando se dejen de prestar hasta cuatro servicios ambientales	**1**
b.	Cuando se dejen de prestar más de cuatro servicios ambientales	2
	V. PRESENCIA DEL PROYECTO EN ÁREAS DE CONSERVACIÓN.	
a.	Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's) o Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP's)	**1**
b.	Áreas Naturales Protegidas de carácter municipal, estatal o federal consideradas como de aprovechamiento restringido	2
c.	Áreas Naturales Protegidas de carácter municipal, estatal o federal consideradas como de conservación o protección	3
	VI. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD U OBRA.	
a.	Trazo lineal que no implique el confinamiento del área	**1**
b.	Trazo poligonal que no implique el confinamiento del área	2
c.	Trazo poligonal que implique el confinamiento del área	3
d.	Trazo lineal que implique el confinamiento del área	4
	VII. AFECTACIÓN A LOS RECURSOS SUELO/VEGETACIÓN.	
a.	Afectación de la vegetación de manera temporal	1
b.	Afectación de la vegetación de manera permanente	2
c.	Afectación de la vegetación con sellamiento del suelo	**3**
	VIII. BENEFICIO.	
a.	Ambiental	0
b.	Social	**1**
c.	Particular	2
	TOTAL	**13**

Fuente: PIMEX, 2022

En base a la tabla anterior se obtiene el valor de la compensación ambiental con ayuda de la siguiente fórmula

Fórmula: CA = (Po) (Fc) (S)

Donde:

CA= Compensación ambiental

Po = Puntuación obtenida

Fc= Factor de conversión (derivado de dividir la equivalencia máxima a compensar entre la suma de los máximos puntajes de los criterios establecidos) **6/27 = 0.22**

S= Superficie por afectar.

La relación por compensar por hectárea en el proyecto es de 1:30. Derivado que en el SAR se tendrá una afectación de 14.20 ha. De uso de suelo forestal. El área total por compensar es de:

C= (13*0.22*0.11)= 0.3146 HA de suelo forestal

A partir de la necesidad de garantizar que durante la realización de las obras no se produzcan daños graves a los ecosistemas, se establece que:

"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

Se considerará que pueden producirse daños graves a los ecosistemas, cuando:

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

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

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

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

En este caso no existen sitios con una vulnerabilidad y fragilidad relevantes, y por contrario toda la trayectoria del proyecto se encuentra con signos de deterioro evidentes. Aunado a lo anterior durante todas las etapas del proyecto no se han de liberar sustancias que puedan ser tóxicas, persistentes y bioacumulables, ni existen cuerpos de agua, especies de flora y fauna silvestre o especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial; ni se hará ninguna actividad dentro de Áreas Naturales Protegidas. De esta forma, será necesario que la empresa constructora recurra a presentar una fianza de protección ambiental; con este instrumento se dará cumplimiento a las demandas de protección a la fauna además de garantizar las medidas de protección y compensación a la vegetación eliminada, establecida por la CONAFOR y la Ley para el Desarrollo Sustentable Forestal y demás ordenamientos jurídicos, para este tipo de actividades.

A continuación, se pretendió obtener los costos de acuerdo con antecedentes encontrados en la literatura y documentos similares y en los casos que fuera viable, se elaboró un presupuesto desglosado, por lo que se obtuvieron costos de acuerdo con elaboración propia y fuentes externas. De acuerdo con los documentos consultados se presenta la siguiente tabla, la cual muestra el costo de realizar cada actividad y la suma total de estos conceptos dando una cantidad de $1,288,305.75 (Un Millón Doscientos Ochenta y Ocho Mil Trescientos Cinco Pesos 75/100MXN); además, en la última columna se desglosa el costo por km.

Tabla VI. 28. Información para montos de fianzas.

ACTIVIDADES	COSTO MDP
Ejecución y Supervisión de las medidas de mitigación enlistadas en la MIA-R	$212,584.91
Acciones para rescate y reubicación de flora	$379,456.12
Acciones para monitoreo y reubicación de fauna	$338,555.06
Reparación de daños por la incorrecta ejecución de las medidas, programas y acciones ambientales	$357,709.66
TOTAL, DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN	$1,288,305.75

Fuente: PIMEX, 2022

Contenido.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. _____ *3*
VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto. _____ 3
VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto. _____ 24
VII.3. Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación. _____ 42
VII.4. Pronostico Ambiental. _____ 44
VII.5. Evaluación de alternativas. _____ 46
VII.6. Conclusiones. _____ 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII. 1. Ponderación del aire. 3
Tabla VII. 2. Ponderación del suelo. 5
Tabla VII. 3. Ponderación de la hidrología. 6
Tabla VII. 4. Ponderación de la geomorfología. 8
Tabla VII. 5. Ponderación de la vegetación. 9
Tabla VII. 6. Ponderación de la fauna. 10
Tabla VII. 7. Ponderación de la presencia antrópica. 12
Tabla VII. 8. Ponderación de la calidad ambiental. 13
Tabla VII. 9. Diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental Regional. 13
Tabla VII. 10. Diagnóstico ambiental del Área de Influencia. 14
Tabla VII. 11. Calidad Ambiental de los atributos utilizados en la modelación KSIM. 19
Tabla VII. 12. Comportamiento de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental Regional, a corto, mediano y largo plazo, sin la inclusión de ningún tipo de proyecto. 21
Tabla VII. 13. Modificación de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental Regional, a corto, mediano y largo plazo, sin la integración de ningún tipo de Proyecto. 21
Tabla VII. 14. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015). 25
Tabla VII. 15. Unidades del paisaje presentes en el SAR. 26
Tabla VII. 16. Análisis regional a escala 1:10,000. 26
Tabla VII. 17. Afectación Total a las unidades de paisaje. 30
Tabla VII. 18. Ponderación regional a escala 1:10,000 una vez ingresado el proyecto. 30
Tabla VII. 19. Diferencia de coeficientes de impacto (pérdida de superficie equivalente) 30
Tabla VII. 20. Comportamiento de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental con la integración del Proyecto, a corto, mediano y largo plazo. 36
Tabla VII. 21. Modificación de la calidad ambiental del Sistema Ambiental Regional con la integración del Proyecto. 38
Tabla VII. 22. Modificación de la Calidad Ambiental por Factor, en 30 años y porcentaje, impacto acumulativo y variación anual del Proyecto. 38
Tabla VII. 23. Ponderación de Impactos del Proyecto, de acuerdo con la metodología de Bojórquez Tapia. 42
Tabla VII. 24. Análisis de los Impactos directos y residuales del Proyecto. 44

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen VII. 1. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente aire). 4
Imagen VII. 2. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente suelo). 5
Imagen VII. 3. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente hidrología). 7
Imagen VII. 4. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente geomorfología). 8
Imagen VII. 5. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente vegetación). 9

Imagen VII. 6. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente fauna). 11
Imagen VII. 7. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente presencia antrópica). 12
Imagen VII. 8. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental del Trazo del Proyecto. 16
Imagen VII. 9. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental del Trazo del Proyecto con transparencia al 40%. .. 17
Imagen VII. 10. Condición actual del Sistema Ambiental Regional sin unidades de paisaje y sin proyecto 27
Imagen VII. 11. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen en Google Maps 28
Imagen VII. 12. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen satelital. 29
Imagen VII. 13. Modernización de camino existente de terracería. 32
Imagen VII. 14. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen Google Maps 33
Imagen VII. 15. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen satelital. 34
Imagen VII. 16. Esquema PER – Indicadores de Calidad Ambiental. 45

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía VII. 1. Vista de la carretera de terracería existente. 35

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

VII.1. Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

A continuación, se describen los indicadores de los componentes abióticos y bióticos que se integraron para dar una evaluación del estado actual de la calidad ambiental de la zona del proyecto. Asimismo, se describe la escala ordinal de uno a nueve para cada indicador donde el uno (1) corresponde a una calidad extremadamente baja y el nueve (9) a una calidad ambiental muy alta.

MEDIO ABIÓTICO.

A continuación, se presentan los criterios de evaluación considerados como referencia estimada para otorgar una calificación a cada unidad de paisaje.

AIRE.

- **Emisiones de gases:** este indicador se basa en la calidad del aire tomando como parámetro la NOM-041-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de gases contaminantes provenientes de los escapes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Está focalizado a la zona de estudio.
- **Emisión de polvos:** Este indicador se basa en la emisión de partículas de polvo suspendidas por las actividades realizadas durante el proyecto, como el desmonte, despalme, acarreo de materiales, etc. Los rangos de evaluación se establecieron de acuerdo con el grado de emisión de partículas que puede levantar un vehículo o maquinaría al paso o por la carga, descarga, transporte de materiales, por lo que la evaluación se sitúa desde la nula visibilidad provocada por la alta concentración de partículas, hasta la presencia de aire puro, sin influencia de emisión de partículas por actividad antrópica o natural.

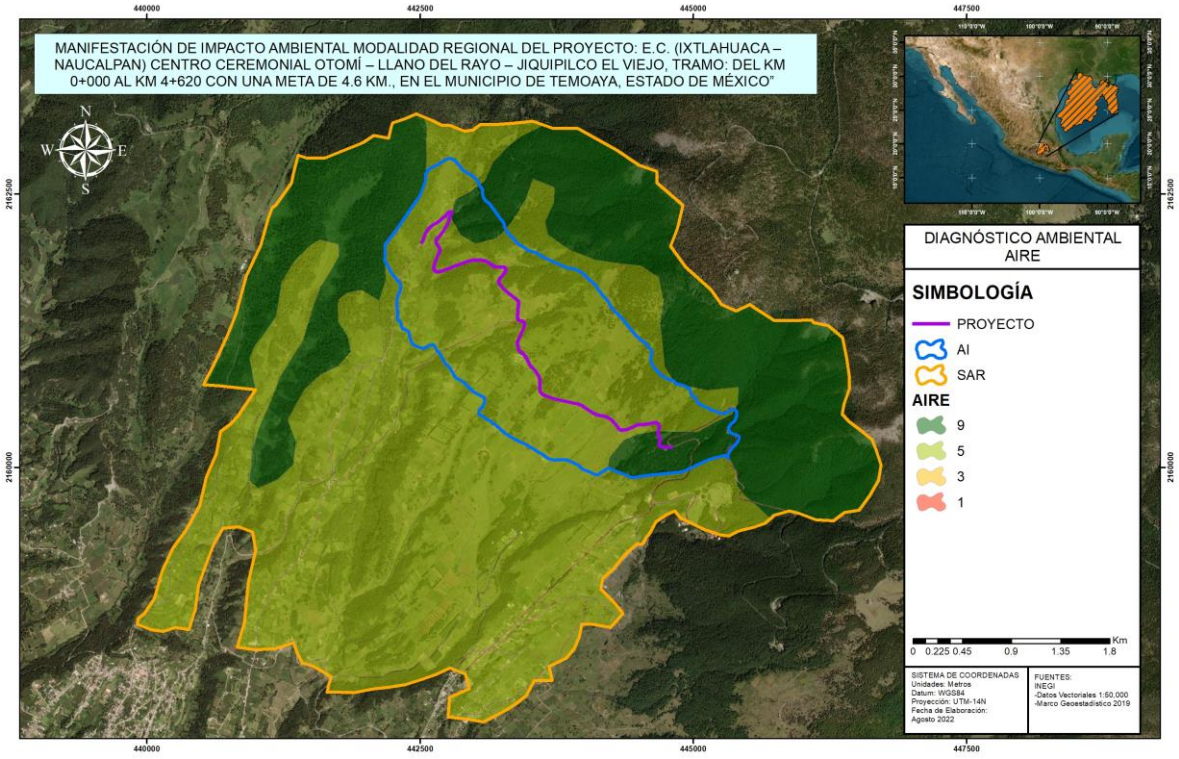
El criterio utilizado para evaluar el aire se presenta en la siguiente tabla, donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental y los valores menores señalan una menor calidad ambiental.

Tabla VII. 1. Ponderación del aire.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	EMISIÓN DE GASES	EMISIÓN DE POLVOS
Degradado	1	Emisión de gases todo el tiempo con abundante tránsito de vehículos y actividades antrópicas constantes	Nula visibilidad
Muy mala	2	Emisión de gases por más de 12 horas continúas con abundante tránsito de vehículos y actividades antrópicas.	Poca visibilidad la mayor parte del tiempo
Mala	3	Emisión de gases por tránsito de vehículos en horarios pico, acompañado de actividades antrópicas	Poca visibilidad en horarios pico
Moderada	4	Emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas.	Poca visibilidad en al menos 2 ocasiones durante el día
Regular/modificado	5	Emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas.	Poca visibilidad en ocasiones eventuales (temporales)
Aceptable/modificado	6	Hay emisiones bajas de vehículos y antrópicas en varios puntos de la zona de estudio	Hay liberación de partículas en varios puntos
Buena	7	Aire aceptable, emisiones de vehículos y antrópicas incipientes y aisladas, en algunas zonas del proyecto	Aire aceptable, emisiones de partículas incipientes y aisladas, polvo en estiaje
Muy buena	8	Aire puro, muy poca influencia de emisiones derivadas del tránsito de vehículos y actividad antrópica	Aire puro, muy pocas emisiones de partículas derivadas de actividad antrópica o natural, aún en estiaje
Sin perturbación	9	Aire puro, sin influencia de emisiones por tránsito de vehículos o actividad antrópica	Aire puro, sin influencia de emisiones de partículas por actividad antrópica

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 1. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente aire).



Fuente: PIMEX, 2022.

La imagen anterior señala que las zonas de mejor calidad ambiental en el Sistema Ambiental Regional en el orden de ideas del aire se presentan en las zonas altas, poco accesibles y mejor conservadas del Sistema Ambiental Regional, zonas que coinciden con el bosque de coníferas, es decir se tratan de zonas sin perturbación (**9**) con Aire puro, sin influencia de emisiones por tránsito de vehículos o actividad antrópica. Las zonas pecuarias de los pastizales inducidos y las zonas agrícolas presentan un valor igual a **5** (**regular/modificado**), esto debido a la emisión de gases en ocasiones eventuales ya sea por vehículos o actividades antrópicas, amén de la poca visibilidad que se puede presentar en temporadas de vientos fuertes por los sedimentos que se acumulan en el camino. Amén, de que la ganadería produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Los animales y sus excretas emiten gases que contribuyen al cambio climático, amén de los pesticidas utilizados en los cultivos que también contaminan el aire. Los caminos tipo brecha presentan una valoración igual a **3** (**Mala**) con Emisión de gases por tránsito de vehículos en horarios pico, acompañado de actividades antrópicas. Finalmente, las zonas evaluadas como de calidad ambiental **degradada** con puntaje de **1** coinciden con las carreteras de terracería y pavimentadas, esta valoración se debe a que existe emisión de gases por más de 12 horas continúas con abundante tránsito de vehículos sobre la carretera que influye en las zonas aledañas. Asimismo, se puede observar caso similar en el Área de Influencia del proyecto con zonas pecuarias de los pastizales inducidos y las zonas agrícolas presentan un valor igual a **5** (**regular/modificado**), y otro manchón con zonas sin perturbación (**9**).

SUELO.

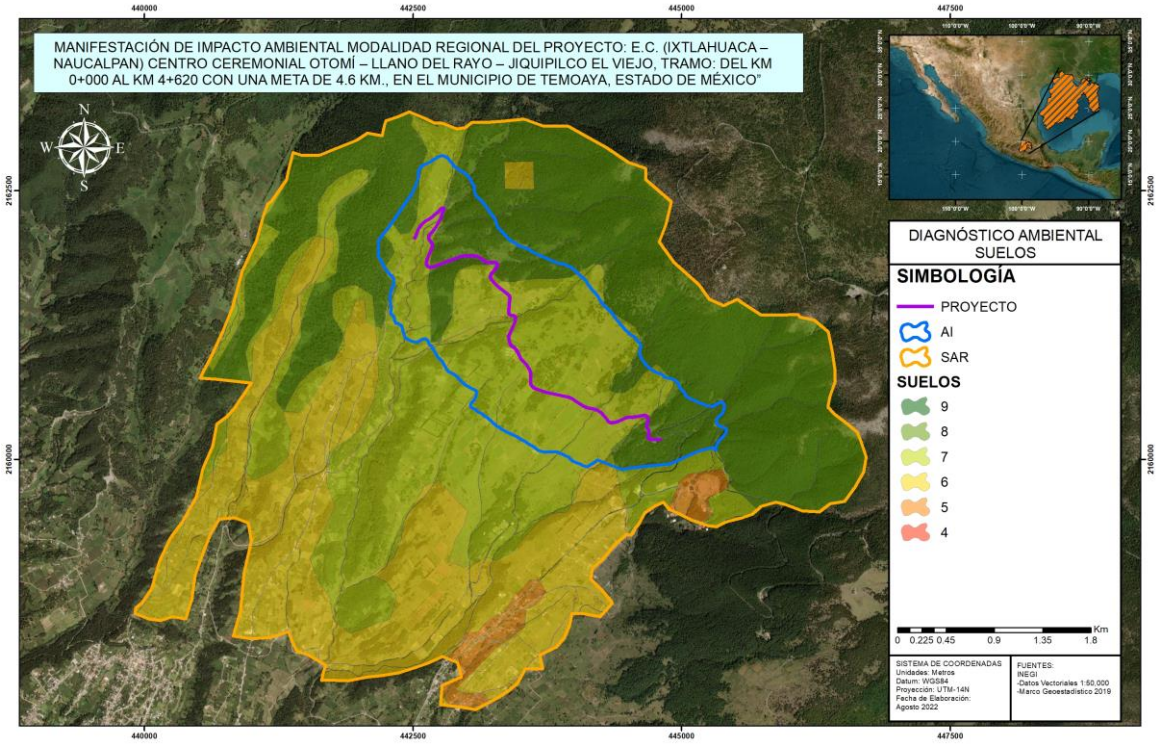
En todos los proyectos de construcción de una infraestructura, el elemento suelo, suele ser uno de los más impactados, ya que este recurso se ve afectado en su totalidad. De esta manera es importante mencionar a este elemento como un indicador. El criterio utilizado para evaluar el factor suelo se presenta en la siguiente tabla, en donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental.

Tabla VII. 2. Ponderación del suelo.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	EROSIÓN
Degradado	1	Erosión severa (ES): superficies extensas donde el material parental está totalmente expuesto y es evidente la presencia de cárcavas de 1 m o más de ancho. Estas áreas están totalmente desprovistas de vegetación
Muy mala	2	Erosión severa (ES): áreas donde el material parental está totalmente expuesto y es evidente la presencia de erosión en cárcavas de 1 m o más de ancho. Estas áreas están desprovistas de vegetación, excepto en relicto
Mala	3	Erosión severa (ES): áreas desnudas de vegetación donde el material parental está expuesto y es evidente la presencia de cárcavas de 1 m o menos. Estas áreas están desprovistas de vegetación, excepto en relictos donde se conserva vegetación natural
Moderada	4	Erosión media (EM): áreas con escasa cobertura vegetal, pastizales, matorrales o bosques muy abiertos. El suelo mineral es somero y está expuesto. En partes el material parental (rocas o tepetate) está parcialmente expuesto. No se observan cárcavas mayores a 1 m, aunque sí erosión en canalillos, laminar u eólica
Regular/modificado	5	Erosión media (EM): áreas con escasa cobertura vegetal, pastizales, matorrales o bosques muy abiertos. El suelo mineral es somero y está expuesto. En partes el material parental (rocas o tepetate) está parcialmente expuesto. No se observan cárcavas mayores a 50 cm, aunque sí erosión de tipo laminar, en canalillos u eólica
Aceptable/modificado	6	Erosión incipiente (EL): áreas con cobertura vegetal arbustiva, herbácea y a veces arbórea en dónde se aprecia muy poca pérdida de suelo por el efecto del agua y el aire, en consecuencia, el suelo mineral no está expuesto. Aunque en ocasiones el suelo mineral está expuesto éste se mantiene en su sitio por el efecto de la vegetación
Buena	7	Erosión incipiente (EL): áreas con cobertura vegetal arbustiva, herbácea y a veces arbórea en dónde se aprecia muy poca pérdida de suelo por el efecto del agua y el aire, en consecuencia, el suelo mineral no está expuesto. Aunque en ocasiones el suelo mineral está expuesto éste se mantiene en su sitio por el efecto de la vegetación
Muy buena	8	Áreas con erosión mínima (NE): Esta categoría incluye áreas agrícolas con pendientes menores de 5%, o bien, con vegetación forestal suficientemente densa como para evitar algún grado de erosión
Sin perturbación	9	Áreas sin erosión (NE): Esta categoría incluye áreas agrícolas con pendientes menores de 5%, o bien, con vegetación forestal suficientemente densa como para evitar algún grado de erosión

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 2. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente suelo).



Fuente: PIMEX, 2022.

En el Sistema Ambiental Regional la menor calidad ambiental **erosión media** (4) se tratan también de suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, aunque estos parches presentan erosión hídrica laminar moderada, suelos con cauces permanentes y carreteras de terracería sobre ellos. Las zonas con **erosión media** (5) se tratan de los suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, con cauces permanentes, agricultura, brechas y carreteras de terracería, presentan erosión hídrica laminar moderada y antrópica. Las zonas con **erosión incipiente** (6) se tratan también de suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se, aunque algunas de estas zonas presentan erosión antrópica y erosión hídrica laminar moderada y algunas otras sin erosión evidente, sobre los que se asentó la agricultura, las brechas, las carreteras de terracería, algunos cauces intermitentes y otros permanentes; el bosque de oyamel y los pastizales. Los suelos andosoles de textura media con **erosión incipiente** (7) son los suelos con baja vulnerabilidad a la erosión per se, en algunas partes sin erosión aparente, otras con erosión hídrica laminar moderada, sobre estas áreas se presenta agricultura, pastizal inducido, bosque de coníferas, cauces intermitentes, brechas y carreteras pavimentadas.

Los suelos que presentan **erosión mínima** (8) se tratan de los suelos andosoles de textura media con una vulnerabilidad baja a la erosión per se. Las zonas sin erosión aparente sobre las que se asientan bosque de oyamel y bosque de pino-encino, cauces intermitentes y pastizal inducido. Finalmente, en suelos con erosión hídrica laminar moderada sobre la que se asentaron las carreteras pavimentadas.
Finalmente, los andosoles de textura media sin erosión evidente sobre los que se asentaron secciones de las carreteras pavimentadas presentan una ponderación **sin erosión** (9) En otras palabras, el Sistema Ambiental Regional no presenta evidencia de erosión severa, es decir valores entre 1 y 3. En lo que se refiere al **Área de Influencia** se presentan evaluaciones similares al Sistema Ambiental con zonas con erosión media hasta zonas sin erosión aparente.

HIDROLOGÍA.

- **Capacidad de infiltración:** la evaluación se realizó mediante factores que afectan la capacidad de infiltración como: entrada en la superficie; transmisión a través del suelo; agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo; características del medio permeable; características del flujo, además de la presencia de vegetación.

El criterio utilizado para evaluar la hidrología se presenta en la siguiente tabla, en donde los valores mayores indican una mejor calidad ambiental.

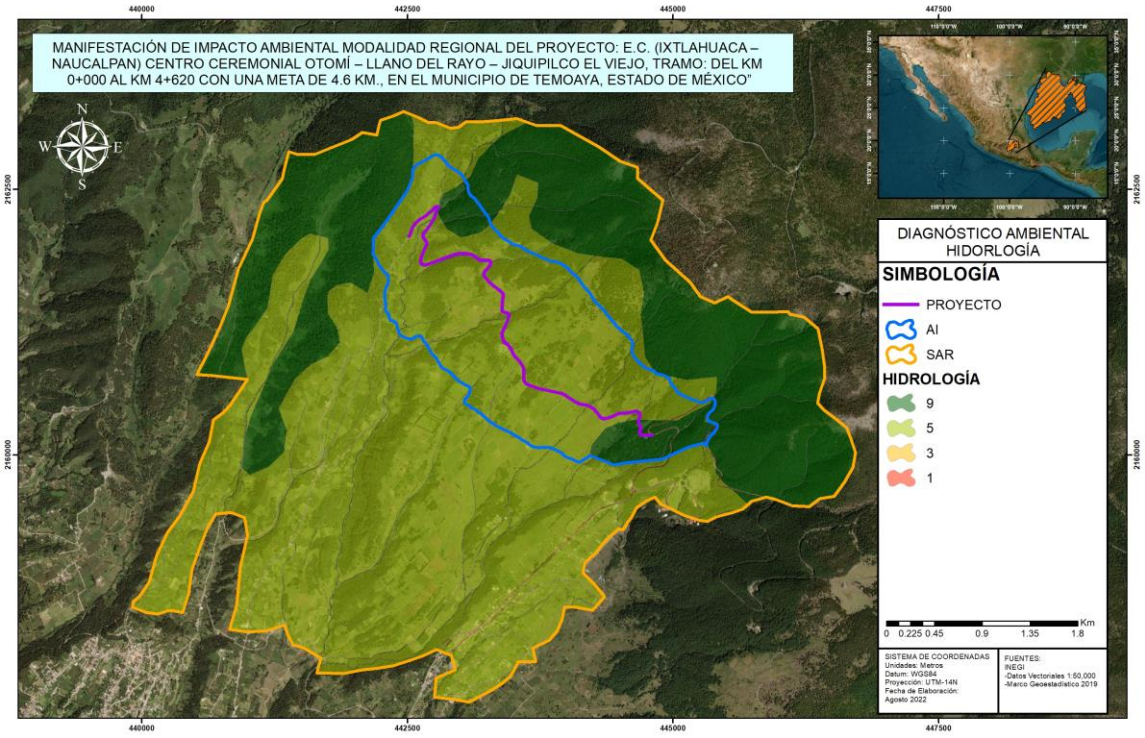
Tabla VII. 3. Ponderación de la hidrología.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN
Degradado	1	Capacidad de infiltración nula, por falta de suelo; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca superficial. Sin retención de agua
Muy mala	2	Capacidad de infiltración nula, presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca superficial. Sin retención de agua
Mala	3	Capacidad de infiltración escasa en partículas de suelo acumulado; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca continua. Escasa retención de agua
Moderada	4	Infiltración insuficiente por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por escorrentía. Poca capacidad de retención
Regular/modificado	5	Infiltración limitada por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por evaporación. Poca capacidad de retención. Escaso aprovechamiento del agua retenida por la reducida cobertura vegetal
Aceptable/modificado	6	Infiltración limitada por el horizonte de suelo existente. Pérdida de la infiltración por evaporación o interceptación neta de la vegetación. Poca capacidad de retención. Aprovechamiento del agua retenida por la vegetación
Buena	7	Infiltración buena, algunos poros se encuentran saturados con agua, la capacidad de infiltración mejora; la infiltración se hará en función de la permeabilidad de los estratos inferiores. La retención de agua es buena suficiente para la vegetación y otros procesos
Muy buena	8	Infiltración eficiente, gran parte de los poros del suelo se encuentran saturados de agua, la permeabilidad de los estratos inferiores se optimiza, por lo tanto, la infiltración alcanza mayor profundidad. La retención de agua es más eficiente y suficiente para abastecer al manto freático y a la

		vegetación por periodos de tiempo más largos aún en época de estiaje. Hay mayor capacidad de retención de agua por la vegetación
Sin perturbación	9	Máxima capacidad de infiltración (velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo). Agua en abundancia para mantener el manto freático al máximo y los ciclos biogeoquímicos

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 3. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente hidrología).



Fuente: PIMEX, 2022.

Como se puede apreciar en la imagen anterior en el Sistema Ambiental Regional las corrientes y cuerpos de agua perenne e intermitentes con cauces como el Arroyo Campanario, el Arroyo Nepeni y Arroyo Tres Hojuelos, Río Agua Blanca y Río Los Ajolotes presentan la mayor ponderación de **9** (**sin perturbación**) con la máxima capacidad de infiltración, agua en abundancia para mantener el manto freático al máximo y los ciclos biogeoquímicos. Con esta misma ponderación se encuentra el bosque de oyamel y el bosque de pino-encino. Las zonas con **Infiltración limitada** (**5**) por el horizonte de suelo existente se tratan de las zonas con agricultura de temporal anual y el pastizal inducido con fines pecuarios, estas partes presentan pérdida de la infiltración por evaporación con poca capacidad de retención. Los caminos tipo brecha, las carreteras de terracería presentan una capacidad de **infiltración escasa** (**3**) en partículas de suelo acumulado; presencia de escurrimientos por estratos endurecidos o roca continua; es decir, se tiene escasa retención de agua. Finalmente, los terrenos que presentan la menor ponderación con capacidad de **infiltración nula** (**1**) se tratan de las carreteras pavimentadas.

En lo que se refiere al Área de Influencia prevalecen también al igual que en el SAR las zonas catalogadas como **Infiltración limitada** (**5**) por el horizonte de suelo existente se tratan de las zonas con agricultura de temporal anual y el pastizal inducido con fines pecuarios, estas partes presentan pérdida de la infiltración por evaporación con poca capacidad de retención. y algunos manchones con zonas con capacidad de **infiltración nula** (**1**) que coinciden con las carreteras pavimentadas. De menor representatividad se presentan zonas con la **máxima capacidad de infiltración** (**9**), e infiltración escasa (**3**).

GEOMORFOLOGÍA.

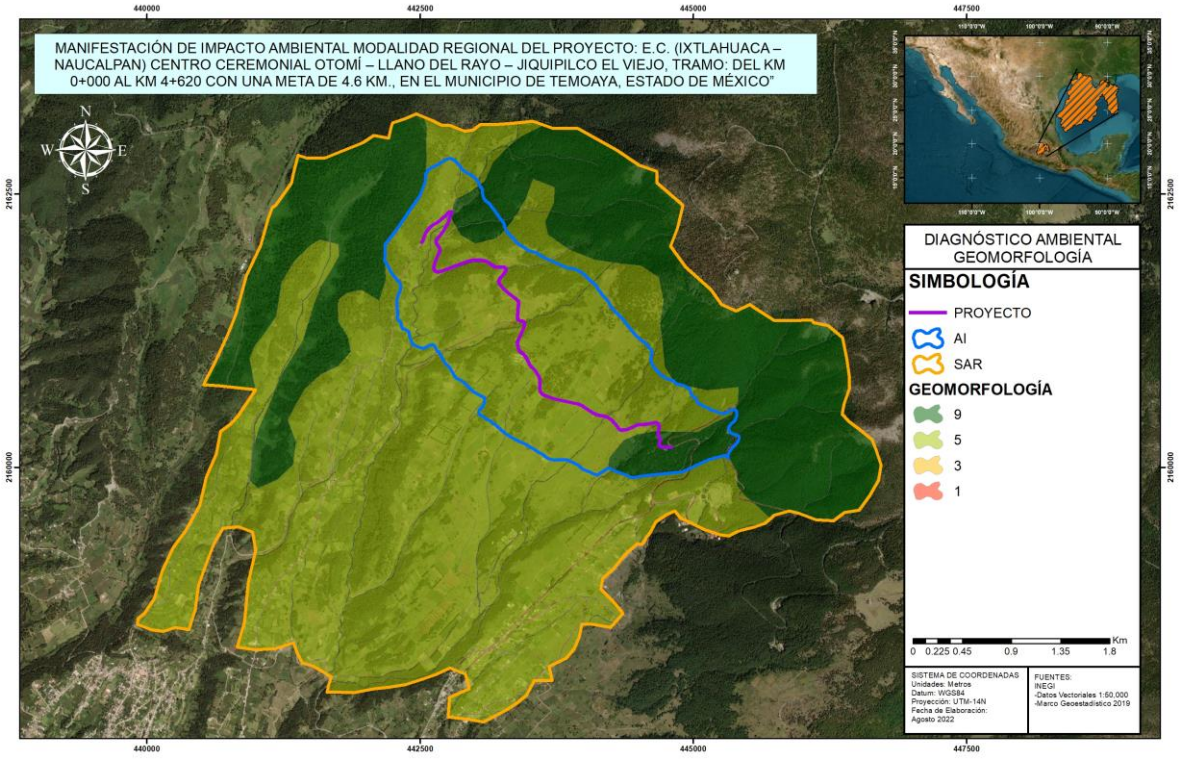
- **Intemperismo del material parental:** este indicador se evaluará de manera porcentual de acuerdo con la intemperización o exposición del material parental, tomando en cuenta el tipo, tamaño y grado de su estructura lábil. Con la explicación previa se designaron valores a determinadas áreas con las siguientes características:

Tabla VII. 4. Ponderación de la geomorfología.

ESCALA DE EVALUACIÓN	VALOR	INTEMPERISMO DE LA ROCA
Degradado	1	Roca expuesta: estructura angular a prismática, grande, fuerte. Textura y mineralogía primarias fácilmente reconocibles en muestra de mano
Muy mala	2	Poco intemperizada: Estructura original reconocible, cambios de color incipientes en matriz y minerales
Mala	3	Ligeramente intemperizado: incremento en la densidad de fracturamiento y alteración de minerales originales
Moderada	4	Ligeramente intemperizado: incremento en la densidad de fracturamiento y alteración de minerales originales, pérdida de cohesión en la roca
Regular/modificado	5	Moderadamente intemperizado: roca parcialmente transformada en suelo, roca > suelo
Aceptable/modificado	6	Fuertemente intemperizado: roca parcialmente transformada en suelo, suelo > roca
Buena	7	Completamente intemperizado: suelo incipiente, algunos remanentes de estructuras primarias
Muy buena	8	Formación de suelo: algo de contenido orgánico y pérdida total de textura y mineralogía primaria del material parental
Sin perturbación	9	Formación de suelo: algo de contenido orgánico y pérdida total de textura y mineralogía primaria del material parental

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 4. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente geomorfología).



Fuente: PIMEX, 2022.

Las zonas sin perturbación en lo que se refiere a la geomorfología en el SAR coinciden con la vegetación natural prevaleciente, es decir el bosque de coníferas que presentan una ponderación de **9 (sin perturbación)**, amén de las corrientes de agua permanentes y/o intermitentes lo cual obedece a que este tipo de cauces modifican las geoformas, aunque de manera natural. Las zonas con agricultura de temporal y los pastizales inducidos con fines

pecuarios presentan una calificación igual a **5** (**regular/modificado**), esto debido a que la posible erosión del suelo por la escasa vegetación puede provocar derrumbes que modifiquen las geoformas. En tanto que, Los caminos tipo brecha presentan una ponderación igual a **3** (**mala**) Finalmente, las carreteras de terracería y pavimentadas del SAR presentan la ponderación menor de **1**, lo cual obedece a que en estas zonas la geomorfología natural ha sido cambiada completamente por la mano humana. En lo que respecta al Área de Influencia se presenta un dominio de zonas con regular calidad en la geomorfología (5) y algunos fragmentos con muy mala calidad (1), y otros pocos con mala calidad (3) y en menor proporción las calidades excelentes (9)

MEDIO BIÓTICO.

VEGETACIÓN.

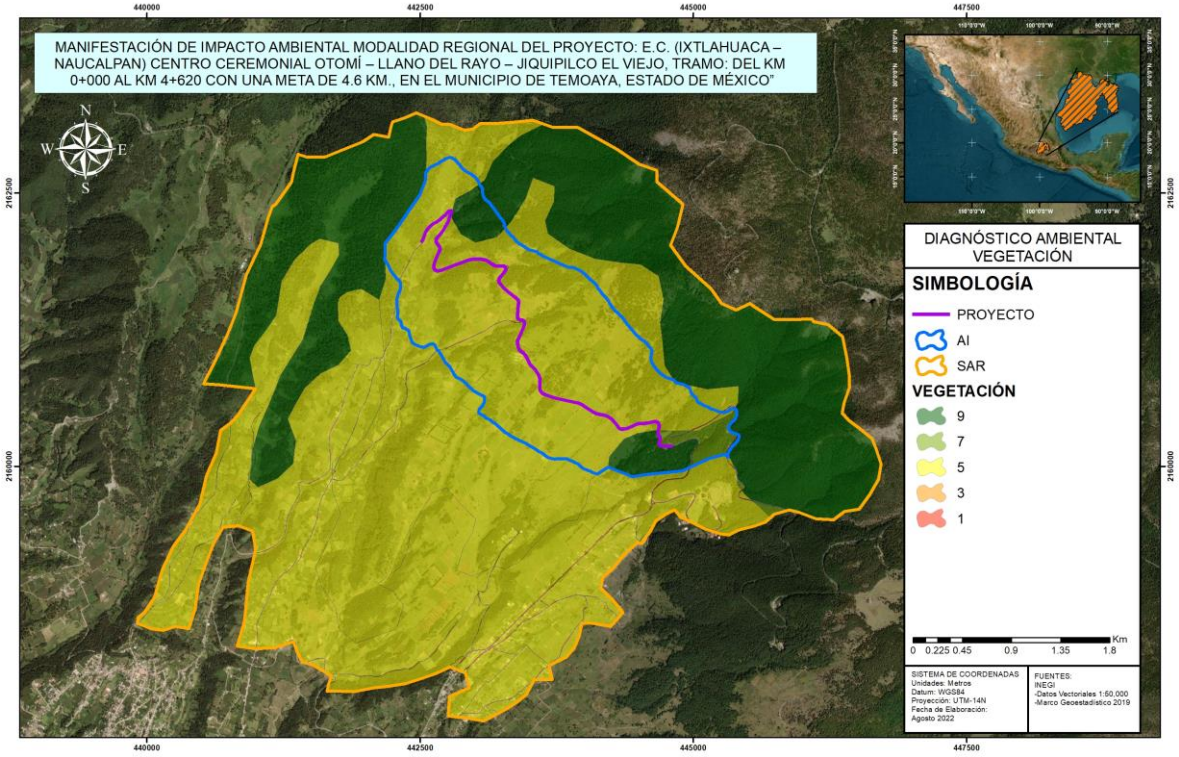
El efecto principal que conlleva la eliminación de la cobertura vegetal en los sitios es la fragmentación del hábitat, lo que provoca efectos de borde y altera la estructura y las funciones originales del ecosistema. De manera indirecta la poca cobertura vegetal elimina las fuentes de alimentación y refugio de la fauna que habita en el ecosistema.

Tabla VII. 5. Ponderación de la vegetación.

ESCALA DE EVALUACIÓN	ESCALA	% DE COBERTURA VEGETAL EN EL POLÍGONO
Degradado	1	0 al 30 % de cobertura vegetal presente en el polígono
Bajo estado conservación	3	30 al 50 % de cobertura vegetal presente en el polígono o se trata de localidades, caminos o carreteras.
Regular/modificado	5	50 al 70 % de cobertura vegetal presente en el polígono o se trata de zonas de agricultura o pastizales inducidos por actividad antrópica
Buena	7	70 al 95 % de cobertura vegetal presente en el polígono. Vegetación herbácea y arbustiva sin perturbación
Sin perturbación	9	95 al 100% de cobertura vegetal presente en el polígono. Mayor cobertura vegetal, sin perturbación

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 5. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente vegetación).



Fuente: PIMEX, 2022.

De acuerdo con lo exhibido en el apartado de vegetación, se tiene que, en el Sistema Ambiental Regional se presenta un mosaico de remanentes de bosque de oyamel y bosque de pino-encino, que han sido transformados en un mosaico fragmentado por las vías de comunicación, pero principalmente por el cambio de uso de suelo hacia el pastizal inducido con fines pecuarios y agricultura, que han traído consigo la pérdida y fragmentación del hábitat natural. De acuerdo con esto, la zona con mejor ponderación la presentan todos los remanentes de vegetación de bosque de mayor tamaño presentan una valoración igual a **Sin perturbación** (**9**), lo cual obedece a que en estos manchones de mayor superficie se espera encontrar mayor cantidad de especies claves, amén de mejor estado de conservación. Toda vez que, los fragmentos de menor tamaño de bosque de coníferas presentan una ponderación igual a **7** (**buena**). En tanto que, toda la vegetación introducida del pastizal inducido, las zonas agrícolas presentan una ponderación igual a **5** (**regular/modificado**). En tanto que, los caminos tipo brecha presentan una ponderación igual a **3** (**regular/modificado**). Finalmente, todas las zonas desprovistas de vegetación como son las diferentes vías de comunicación presentan la menor ponderación de **1**, lo cual obedece a que se trata de zonas desprovistas de vegetación. Cabe señalar y recordar que, de acuerdo con los recorridos realizados por las áreas donde se pretende la modernización del camino, las características de la vegetación presentan un mediano grado de perturbación.
En el Área de Influencia ocurre la misma situación que con el SAR con una prevalencia de zonas con calidad regular (5), seguido por la excelente calidad (9), buena calidad (7) con los fragmentos de mayor tamaño de bosque de coníferas, algunas zonas de muy mala calidad (1) que coinciden con las carreteras.

FAUNA.

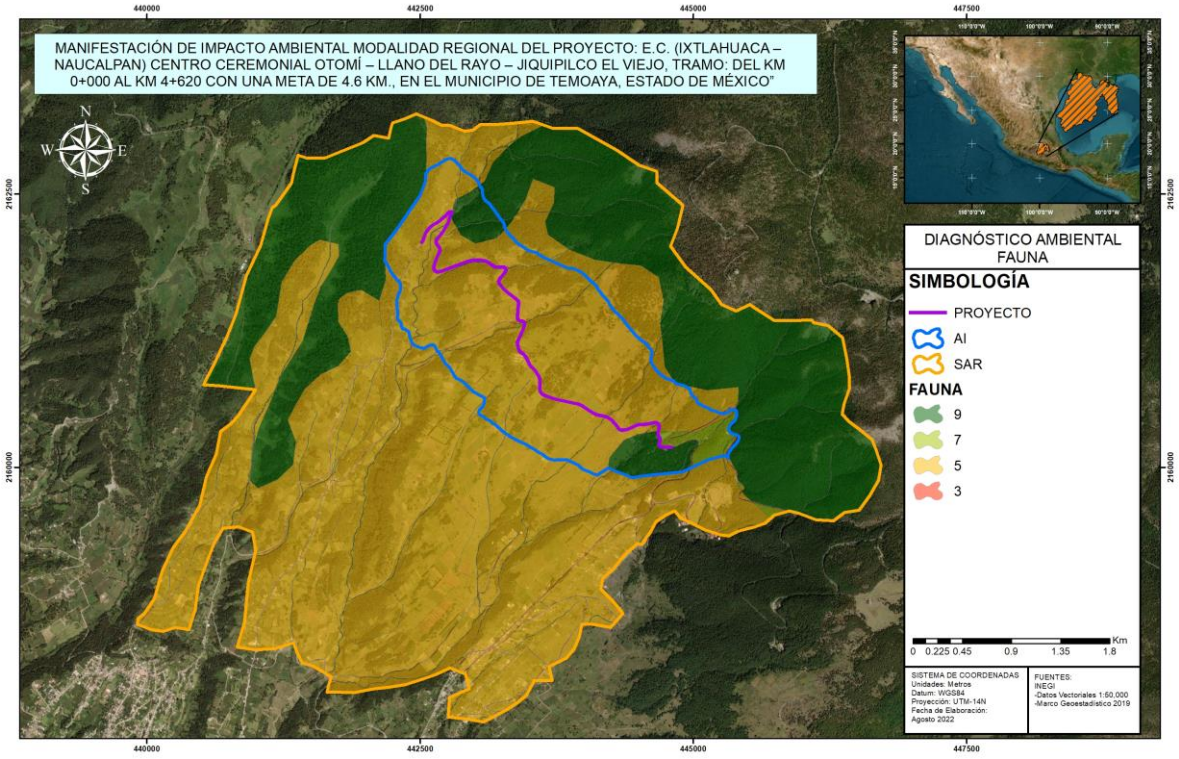
Para determinar la calidad ambiental de los sitios que serán afectados por el trazo del proyecto, se tomarán en cuenta el índice de diversidad de especies (Shannon-Wiener), el cual engloba riqueza y abundancia de las especies. Sin embargo, ya que los recursos no se encuentran distribuidos de manera homogénea en los hábitats, sino que existen diferencias tanto en la composición, estructura y calidad del hábitat, en la distribución espacial y temporal de los recursos como el agua, alimento, áreas de reproducción o refugio. Estas diferencias micro ambientales tienen su efecto en una desigual distribución de la fauna, la cual estará presente o será más abundante en los sitios más propicios, mientras que los animales evitarán aquellos que no cumplen con un mínimo de condiciones y recursos, por ejemplo, para construir madrigueras o nidos, que posean alimento cercano o le brinden protección contra sus depredadores.

Tabla VII. 6. Ponderación de la fauna.

ESCALAS DE EVALUACIÓN	VALOR	ÍNDICE DE SHANNON
Mala	3	Valores entre 1 y 1.99 indican que son sitios con una diversidad biológica baja
Moderada	5	Valores entre 2 y 2.99 indican que son sitios con una diversidad biológica media
Buena	7	Valores entre 3 y 3.4 indican que son sitios con una diversidad biológica alta
Muy buena	9	Valores > 3.5 indican que se trata de sitios con una diversidad biológica muy alta

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 6. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente fauna).



Fuente: PIMEX, 2022.

Para el caso del factor fauna en el Sistema Ambiental Regional se tiene que la mayor representación la tienen las zonas catalogadas como **Muy buena** (**9**). Específicamente se tratan de las zonas que presentan las condiciones de hábitat, refugio, comida, etc. Para la prevalencia de las especies animales se tratan de todos los fragmentos de mayor tamaño de vegetación natural, además de los cuerpos de agua. Enseguida, las zonas catalogadas como **buenas** (**puntuación=7**). Específicamente las áreas de buena calidad corresponden con los fragmentos de bosque prevaleciente y de menor superficie en el que se presentan especies clave. Amén de que, estas zonas son más propicias de tener recursos como el agua, alimento, áreas de reproducción o refugio, en la que los recursos disponibles son más limitados. El siguiente valor ponderado con **5** (**regular/modificado**) lo presentan todas las zonas de pastizales y de agricultura. El menor valor en lo que se refiere a fauna lo presentan las zonas desprovistas de vegetación, en la que la fauna difícilmente puede habitar, amén de que en las vías de comunicación (brechas, veredas y carreteras en este caso particular) se puede presentar muerte de animales a causa de la mortalidad vial (en parte debido a la atracción de animales por carreteras por el "efecto trampa"), niveles más altos de perturbación y estrés, junto con la pérdida de refugios, con reducción o pérdida de hábitat, por mencionar algunas consecuencias de la existencia de este tipo de vías de comunicación con respecto a la fauna del lugar. En lo que se refiere al Área de Influencia se presentan zonas más propicias de contar con recursos naturales para la sobrevivencia de las especies animales con bosque de coníferas en estado primario en el extremo sureste, aunque prevalecen zonas agropecuarias, también debido a la cercanía con las vías de comunicación existe un riesgo mayor de presentarse muertes de animales por el efecto trampa, amén de los altos niveles de perturbación y estrés.

PRESENCIA ANTRÓPICA.

Los elementos relacionados con el medio socioeconómico considerados para la evaluación de la calidad ambiental son las vías de comunicación y asentamientos humanos; las vías de comunicación han sido consideradas por los efectos directos e indirectos que producen, como la eliminación de franjas del matorral, además que algunos tipos de vías proporcionan acceso a la colonización sobre terrenos no aptos para el desarrollo de asentamientos.

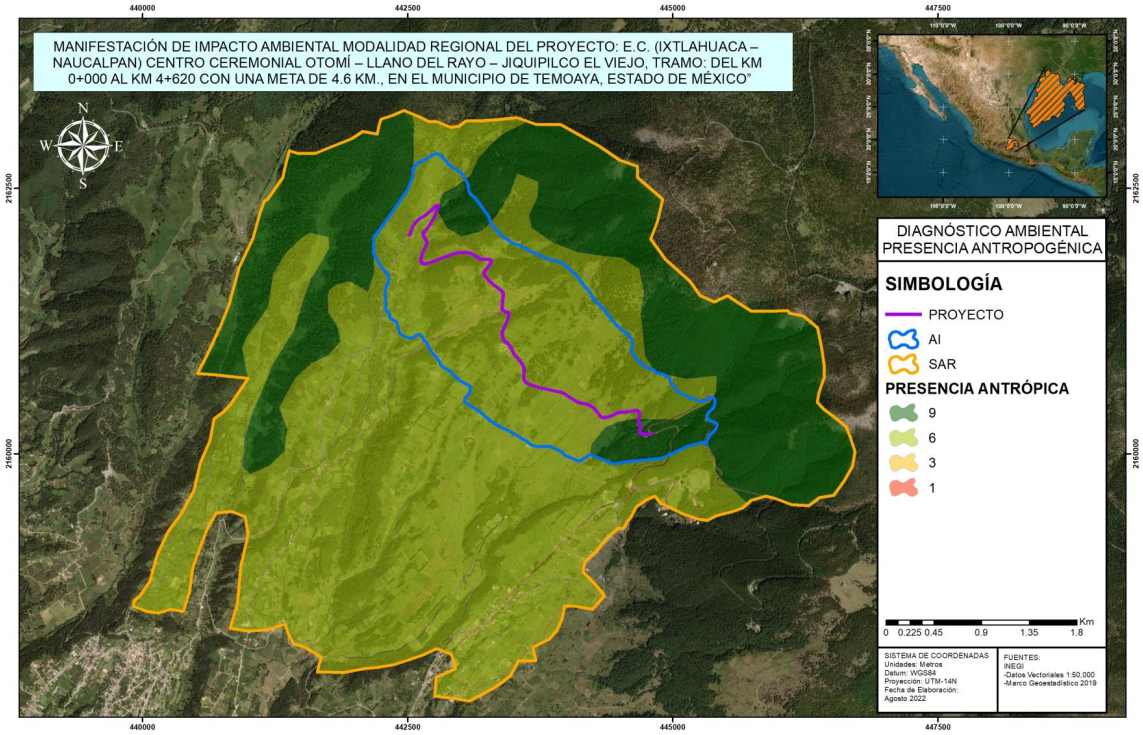
Los asentamientos humanos se consideraron dentro de la calidad ambiental también en dos tipos, Localidades rurales y Localidades urbanas; las localidades urbanas son aquellas que concentran más de 2,500 habitantes; cabe señalar que su extensión territorial y la concentración de población tiene que ver de manera directa con el grado de modificación que ha sufrido el medio natural inmediato a dichas zonas.

Tabla VII. 7. Ponderación de la presencia antrópica.

RANGOS		VIALIDADES	ASENTAMIENTOS HUMANOS
		POR TIPO DE VIALIDAD	PRESENCIA DE LOCALIDADES URBANAS Y/O RURALES
Escala de evaluación	VALOR		
9	Sin perturbación	Cuando no existen vías de comunicación	Sin presencia de asentamientos humanos
6	Buena	Cuando únicamente hay terracería, brechas y veredas o cuando predominan carreteras.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo rural (es decir con menos de 2500 habitantes)
3	Moderada	Cuando predominan vías de segundo orden, brechas y veredas.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo urbano (es decir con más de 2500 habitantes)
1	Aceptable/modificado	Cuando predominan vías tercer orden, pavimentadas y terracerías dentro del polígono.	Con presencia de asentamientos humanos de tipo urbano y rural.

Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 7. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional (componente presencia antrópica).



Fuente: PIMEX, 2022.

En la anterior imagen podemos atisbar que la mayor superficie del Sistema Ambiental y del Área de Influencia presenta una buena calidad ambiental en lo que se refiere a la presencia antropogénica, con únicamente carreteras de terracería, caminos tipo brecha y tipo vereda, aunado a las zonas agropecuarias. Mientras que las zonas prácticamente sin presencia antropogénica y sin la existencia de caminos se tratan de toda la vegetación secundaria y primaria de bosque de coníferas. Para el análisis del diagnóstico ambiental se utilizó el **álgebra de mapas**. El álgebra de mapas contiene el conjunto de procedimientos que permiten analizar capas ráster y extraer información a partir de ellas, para el presente estudio se requirió a la ayuda del programa ArcGIS 10.3.1, para manejar esta información. La información contenida en las capas es susceptible de ser analizada para la obtención de otras capas referentes al mismo espacio geográfico, pero que contengan distinta información derivada de aquella. El álgebra de mapas es el conjunto de procedimientos y métodos que permiten llevar a cabo dicho análisis y extraer nuevos valores a partir de los contenidos en una o varias capas. Se entiende por ***álgebra de mapas*** el conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato ráster, permite obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos. Aunque nada impide que este proceso se lleve a cabo sobre capas vectoriales, se entiende que el álgebra de mapas hace referencia al análisis desarrollado sobre capas ráster, pues estas, por su estructura regular y sus características inherentes, son mucho más adecuadas para plantear los algoritmos y formulaciones correspondientes. Los procedimientos que se aplican sobre información geográfica en formato vectorial son por regla general clasificados dentro de otros bloques de conocimiento, como es por ejemplo el caso de las operaciones geométricas sobre datos vectoriales. Mediante este método, primero se evaluó cada factor individualmente, una vez realizado esto, se procedió a generar información de tipo raster para conseguir realizar las sumatorias pertinentes y conseguir un raster único, para finalmente crear un shape con la información requerida. Al final se obtuvieron los siguientes resultados: rangos que oscilan entre los 7 y los 63 puntos, en los que, se clasificó de acuerdo con los menores valores posibles a obtener y los mayores, es decir el valor menor posible de obtener de acuerdo con las ponderaciones de cada atributo son 7, la menor puntuación y 63 la mayor puntuación. Ahora bien, rangos que oscilan entre 7 y 17 señalan una muy mala calidad ambiental, valores entre los 18 y los 29 son considerados de mala calidad ambiental, en tanto que valores que oscilan entre los 30 y los 41 indican una calidad ambiental regular, valores que van de los 42 a los 53 puntos señalan una buena calidad ambiental, mientras que los valores que van de 54 a 63 indican una excelente calidad ambiental. Los posibles valores por obtener se presentan en la siguiente tabla:

Tabla VII. 8. Ponderación de la calidad ambiental.

RANGO	CALIDAD	SIMBOLOGÍA
7-17	Muy mala	
18-29	Mala	
30-41	Regular	
42-53	Buena	
54-63	Excelente	

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VII. 9. Diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental Regional.

RANGO	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
07-17	Muy mala	13.36	0.60%
18-29	Mala	3.67	0.16%
30-41	Regular	1,500.99	67.26%
42-53	Buena	11.96	0.54%
54-63	Excelente	701.77	31.44%
TOTAL		2,231.75	100.00%

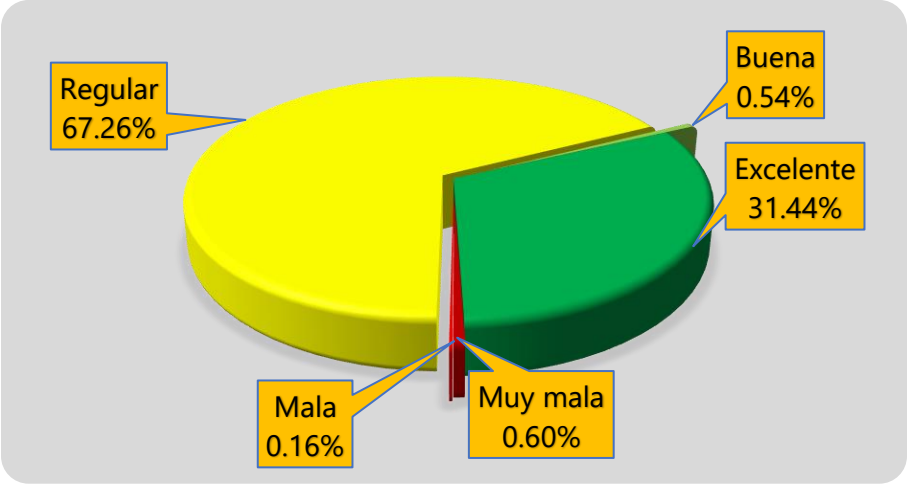
Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VII. 10. Diagnóstico ambiental del Área de Influencia.

RANGO	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
07-17	Muy mala	4.12	0.93%
18-29	Mala	0.00	0.00%
30-41	Regular	380.27	86.26%
42-53	Buena	2.68	0.61%
54-63	Excelente	53.77	12.20%
TOTAL		440.84	100.00%

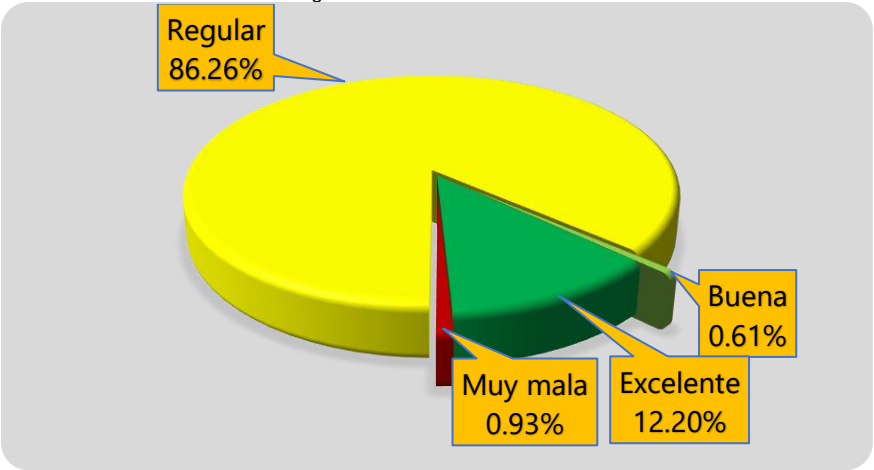
Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica VII. 1. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental Regional.



Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica VII. 2. Diagnóstico Ambiental del Área de Influencia.

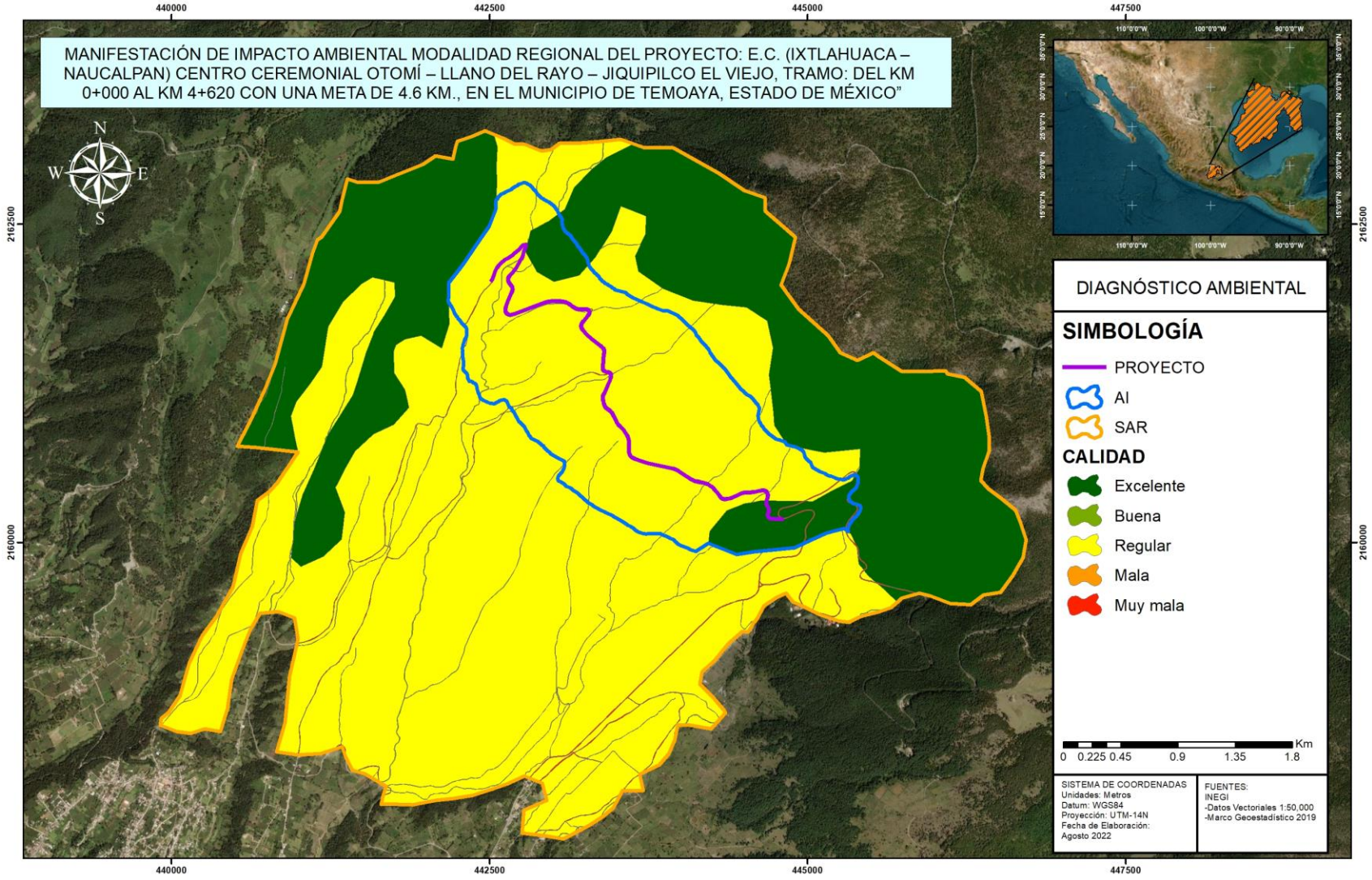


Fuente: PIMEX, 2022

La tabla y la imagen anterior señalan que, en el **Sistema Ambiental Regional** la mayor representatividad la tienen zonas con calidad ambiental designada como **regulares**, esto es, con el **67.26%**, que es equivalente a 1,500.99 hectáreas, dichas zonas son congruentes con las zonas agropecuarias, en orden de importancia le sigue la calidad ambiental registrada como **excelente** con el **31.44%** que equivalen a 701.77 hectáreas, estas zonas coinciden con el bosque de coníferas. La **muy mala calidad** ambiental se presenta en un **0.60%** del SAR que es igual a 13.36 hectáreas, con esta calidad se encuentran las carreteras pavimentadas. La **buena** calidad ambiental representa el

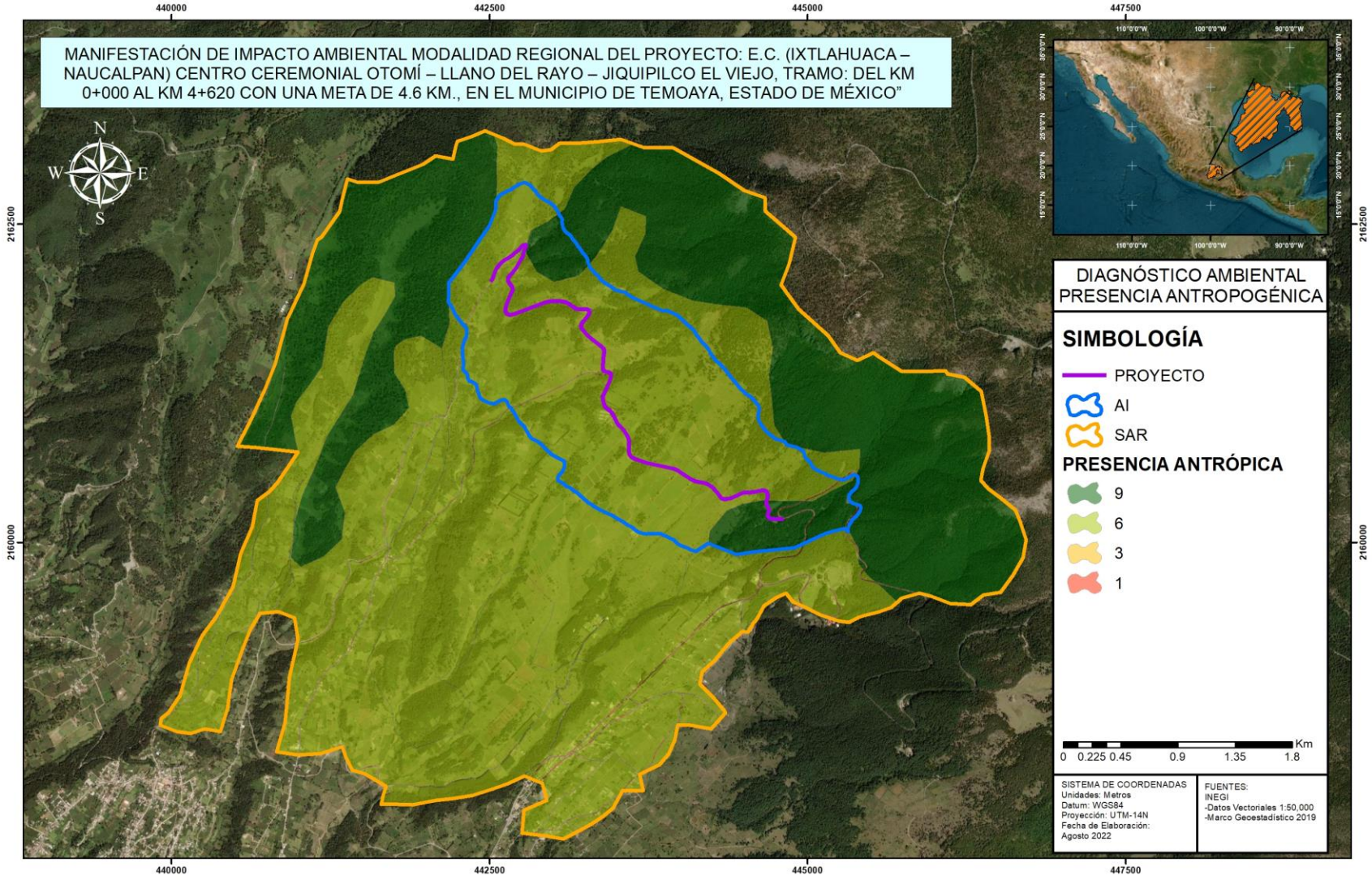
0.54% que son equivalentes con 11.96 hectáreas, con esta ponderación se presentan los cauces. Finalmente, la calidad ambiental **mala** abarca un total de 3.67 hectáreas que representan el **0.16%**, dichas zonas coinciden con los caminos tipo brecha y/o vereda. En lo que se refiere al **Área de Influencia** del trazo se presenta la mayor representatividad con **regular calidad** ambiental con un **86.26%** que es igual a 380.27 hectáreas. Mientras en segundo sitio se encuentra la **excelente** calidad ambiental con 53.77 hectáreas que representan el **12.20%** del SAR. En tercer sitio la **muy mala calidad** ambiental ocupa un **0.93%** que son equivalentes a 4.12 hectáreas. La calidad ambiental **buena** abarca 2.68 hectáreas que representan el 0.61%. Los datos anteriores señalan que tanto en el SAR como en el AI se presenta un alto impacto ambiental ocasionado principalmente por el cambio de uso de suelo forestal hacia el pastizal inducido con fines pecuarios aunado a la agricultura. En algunas zonas en donde se presenta la vegetación con impactos antropogénicos señalan una gran presión antropogénica, la cual es tanta que impide el desarrollo de la vegetación, es decir no le da oportunidad de recuperarse, provocando con esto, una vegetación inducida. Es importante señalar también que, dentro del Sistema no se presentan zonas vírgenes ni con vegetación primaria, lo cual indica que en toda la delimitación se presentan distintos grados de impacto ambiental que van desde el ligero hasta el extremo, destacando el impacto ligero, ya que prevalecen zonas con bosque de coníferas.

Imagen VII. 8. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental del Trazo del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 9. Diagnóstico Ambiental del Sistema Ambiental del Trazo del Proyecto con transparencia al 40%.



Fuente: PIMEX, 2022.

El SAR donde se insertará el proyecto de la modernización, tiene atributos que han sido completamente modificados, debido a las actividades previas de agricultura y ganadería, que van de la mano con las localidades rurales y urbanas fuera del Sistema, todo esto aunado a una moderada expansión y crecimiento, todos ellos ubicadas en el centro del SAR, lo cual desencadena una demanda de actividades como el comercio, transporte, educativas, movimiento de materias primas y productos, generación de aguas residuales y residuos sólidos municipales y la demanda de empleo en la región. En función de establecer los elementos ambientales críticos y los procesos relevantes del SAR, dentro de su ponderación se habrán de considerar aquellos donde la interacción e influencia que pudiera tener el proyecto sobre sus atributos debe tener efectos notorios y evaluables. Sin embargo, el SAR muestra una ligera tendencia de recuperación, dado que en algunas partes del territorio se presenta vegetación primaria de bosque de coníferas. En ese sentido los efectos del proyecto sobre los factores climáticos son prácticamente incipientes, ya que la calidad del aire y las características climáticas de la región, están definidas por la influencia de los factores meteorológicos regionales, que propician la prevalencia de la buena calidad del aire y estabilidad de los fenómenos microclimáticos. El componente Geología es un elemento que es prácticamente irrelevante por la incorporación del proyecto, dado que se realizara prácticamente en el derecho de vía de una vialidad existente aunado, son totalmente planos y uniformes, solamente en las zonas de rectificaciones se tendrán las mayores afectaciones a este componente junto con la complejidad de la geoforma de las sierras. En el caso del suelo, cabe mencionar que, a lo largo del trayecto del proyecto, son suelos antroposoles, los cuales han sido totalmente afectadas, tanto por las actividades agropecuarias de la zona. Mientras en las zonas de las ampliaciones y/ rectificaciones se presentan una alternancia entre los suelos con clave Th+To/2/LP, es decir Andosol húmico-Andosol Acrico de textura Media fase física Letica profunda y los suelos con clave Th+To+Bc/2, es decir Andosol húmico- Andosol Acrico-Cambisol crómico de textura Media. Los Andosoles acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedo y perhúmedo. Los Andosoles ocurren en regiones volcánicas en todo el mundo. Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Los Andosoles generalmente son suelos, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Aluminio y hierro libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada. Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los Andosoles fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Los Andosoles se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, batata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas. Los Andosoles en pendientes pronunciadas tal vez se mantienen mejor bajo bosque. El arroz inundado es el uso de la tierra principal de los Andosoles en tierras bajas con agua freática somera. En relación al componente hidrológico se realizarán toda una serie de medidas de mitigación para que la calidad y cantidad, de este elemento tan importante no sean comprometidas en los sitios donde se determina la realización alguna obra de infraestructura, por lo cual el proyecto tendrá afectaciones temporales, durante la construcción de plataformas y terracerías y posteriormente regresará a su condición normal, por lo que es recomendable realizarse en época de secas; sin embargo se pudiera promover una infraestructura que puede atenuar las crecidas y desbordamientos estacionales de los Arroyos y Ríos permanentes que se presentan dentro del SAR, favoreciendo un drenaje adecuado a los gastos hidrológicos. Los componentes bióticos, vegetación y fauna, han sido modificados a lo largo del trayecto del proyecto sustituyendo parcialmente la vegetación original, mientras que en las zonas agrícolas se han eliminado casi en su totalidad los elementos vegetales. Como un resultado directo, la fauna terrestre original, ha sido eliminada y erradicada, dejando paso a aquella fauna habituada a la presencia humana, principalmente la avifauna, que tiene una forma amplia de desplazamiento y la fauna nociva, adaptada a las condiciones extremas de deterioro. La fauna silvestre se desarrolla sobre las laderas altas y conservadas, que ocupan una amplia extensión y que son poco perturbadas por la presencia humana, sin embargo, esta se encuentra muy alejadas del proyecto y del SAR. En conclusión los componentes bióticos originales han sido modificados en su totalidad, pero se muestra la resiliencia del medio y la fauna resistente

domina las condiciones del ambiente donde se desarrollara el proyecto, mientras en las porciones más altas, la cuales no tendrán interacción con el proyecto, se tienen comunidades vegetales y poblaciones faunísticas con un buen grado de conservación y que se encuentran en sitios de baja accesibilidad y donde la población cercana, esporádicamente accede a realizar actividades relacionadas con la cacería furtiva. Finalmente, los componentes socioeconómicos son parte de la dinámica de la región, con la fuerte influencia de los Municipios y Poblados cercanos, principalmente las localidades de Jiquipilco y Enthavi (urbanas), por lo cual se encuentra matizada por una economía regional, con un conglomerado urbano en crecimiento y conflictos regionales, como el desempleo y subempleo, conflictos viales, moderada accidentabillidad y baja posibilidad de resolver la demanda de alternativas de comunicación para movilizar la población y los productos que circulan por la región. El diagnóstico ambiental regional del trazo del Proyecto muestra una modificación puntual de los componentes del SAR, como son el suelo, la vegetación y socioeconomía; con tendencias ligeras de urbanización sobre las principales vías carreteras; esto necesariamente no es lo mejor ni lo más ordenado y ha generado problemas de establecer viviendas en zonas de alto riesgo de inundación. Por ello, se deberá de considerar que el sistema presenta una condición de recuperación Progresiva, donde son aquellos sistemas perturbados, frágiles y sujetos a presiones naturales y culturales, que favorecen la aparición y desarrollo de paisajes cada vez empobrecidos e inestables. La actividad erosiva y la creciente perdida edáfica y vegetal incrementan su inestabilidad y lo conducen a una situación de mayor degradación. Todo esto para el caso particular por causas antrópicas, al ser áreas agropecuarias, fuertemente presionadas y perturbadas. De acuerdo a los criterios de los Niveles de degradación ecológica de los paisajes, según Mateo y Ortiz (2001), la zona del proyecto se encuentra en un moderado nivel de Degradación, que corresponde a una condición ambiental donde se ha alcanzado la pérdida considerable del potencial natural, con una moderada alteración del funcionamiento, autorregulación y regeneración, que lo ha llevado al decaimiento de la productividad, funcionamiento, autorregulación y moderada regeneración del sistema, con la expresión de una combinación de procesos geoecológicos destructivos de intensidad moderada. Mediante el análisis retrospectivo de la historicidad de la degradación del SAR del proyecto, partiendo de sus condiciones actuales y aplicando la metodología del KSIM, se le asigna un valor de calidad ambiental a los factores relevantes y con la modelación KSIM, se obtiene la tendencia del SAR, como se muestra en cuadros y gráficas siguientes. El cuadro siguiente muestra los atributos ambientales considerados y los valores iniciales de la calidad ambiental del sistema para el año 2022, contemplando una situación y evolución prospectiva, anotando las tendencias regionales de los atributos del SAR.

Tabla VII. 11. Calidad Ambiental de los atributos utilizados en la modelación KSIM.

VARIABLE	CALIDAD AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN
Geomorfología	0.6	En la trayectoria del proyecto, existen un conjunto homogéneo de lomeríos y sierras, con interestratificaciones de rocas metamórficas, y sedimentarias de un alto grado a mediano de fragilidad e inestabilidad, estratos muy delgados y poco consolidados, dando como resultado una modelación acentuada y el material parental prácticamente expuesto, con baja o nula posibilidad de caídas y deslizamientos; dichos riesgos de caída de material se acentuarán, a lo largo del tiempo, sin embargo estos se encuentran fuera del trazo donde se realizara el proyecto. Existen zonas con uso agropecuario bajo condiciones muy erosionadas.
Hidrología	0.5	Existe una presión sobre el agua; los asentamientos humanos afectan la calidad del agua de los cuerpos de agua presentes, particularmente de los cauces intermitentes y permanentes cercanos al trazo del proyecto, al descargar aguas residuales, sin ningún tipo de tratamiento. Durante la temporada de lluvias, el agua puede desarrollar una gran energía cinética y una potente fuerza erosiva, acarreando un gran volumen de sedimentos y fragmentos de roca, que se deposita en el fondo o en los márgenes de los cauces de los cuerpos de agua.
Suelo	0.4	Existe un intenso cambio de uso del suelo, que ha favorecido una tendencia hacia la erosión y modificación de los suelos originales, dominando en los lomeríos, los suelos susceptibles a la erosión y con escasa protección de una cobertura vegetal, así como suelos de mayor desarrollo ubicados en las sierras, donde los suelos han perdido sus propiedades originales, por frecuentes actividades antrópicas y por erosión hídrica laminar. El proyecto modificará el uso agrícola y pecuario en los lomeríos existente a lo largo de la trayectoria para convertirlos en una vía de comunicación.
Vegetación	0.5	En el SAR se pueden diferenciar tres condiciones para la vegetación: la condición ligeramente conservada con bosque en las partes altas, la condición medianamente degradada con bosques de coníferas, en todos

		los lomeríos bajos y la desaparición total en las zonas agropecuarias; bajo ese contexto, las tendencias de conservación solo serán presentes en las laderas de los lomeríos altos. El proyecto solo afectará los lomeríos, donde existe un mediano grado de deterioro.
Fauna	0.5	La conversión del territorio ha sustituido la vegetación original, con la urbanización, agricultura ganadería. Bajo este contexto al desaparecer la vegetación, se ocasiona la migración de la fauna hacia las partes de baja accesibilidad por el ser humano, permitiendo, por otra parte, el establecimiento de la fauna común. La fauna silvestre de importancia se encuentra presente en las zonas de altas pendientes y en las laderas altas y medias de los lomeríos, que no tendrán ninguna interacción con el proyecto.
Hábitat	0.4	La fragmentación y desaparición del hábitat original, sobre la trayectoria del proyecto, acentuará la fragmentación provocada por la agricultura y ganadería. El hábitat será modificado en los lomeríos bajos, así como en las planicies, produciendo una mayor fragmentación y una tendencia a incrementar su deterioro.
Economía	0.4	El movimiento comercial de productos carga y pasajeros es una evidencia palpable en el SAR, que se integra a la dinámica económica y comercial local y regional; sin embargo, existe un reducido movimiento local de mercancías y productos, así como la oferta de diversos servicios. El proyecto dinamizará la economía regional, del municipio de Temoaya, principalmente.

Fuente: PIMEX, 2022.

Como ya se ha hecho referencia, la tendencia del Sistema Ambiental Regional es hacia un continuo proceso de recuperación progresiva, toda vez que se le permita, dado que la zona muestra un mediano grado de resiliencia a los componentes agrestes causados principalmente por la agricultura y ganadería extensiva sobre las sierras. Aunque también en el Sistema Ambiental más de la mitad del territorio presenta cierto grado y tipo de erosión, específicamente se presenta erosión hídrica laminar leve y moderada, además de erosión hídrica en surcos leve, y poco más del 40% del Sistema no presenta erosión evidente. Siendo las zonas mayormente susceptibles, las que presentan las siguientes características: zonas con erosión severa de baja resiliencia, con una disminución paulatina de la cobertura vegetal, con escasa presencia de fauna silvestre, aunado a las altas concentraciones de precipitaciones. En conclusión, el SAR y área de influencia, carece de acciones concretas o tendencias naturales o antropogénicas, que intenten revertir o detener el proceso de degradación que se manifiesta sobre sus componentes de geomorfología, suelo, vegetación, fauna e hidrología. Considerando la tendencia descrita y analizada del Sistema Ambiental Regional y la modelación realizada, se discuten las posibles tendencias futuras a partir de tres momentos, a corto plazo (5 años), mediano plazo (15 años) y largo plazo (30 años), que permite establecer rasgos distintivos y de particular interés ambiental, social y económico. A partir del modelo predictivo del KSIM, con la tendencia de la calidad ambiental de siete factores analizados del Sistema Ambiental Regional, se observa una proyección hacia la paulatina disminución de la calidad ambiental del SAR, debido a la problemática del incremento de la población y el deterioro paulatino de los recursos y a un incremento en el tráfico causado por la remodelación del trazo del proyecto. Las repercusiones sobre los atributos bióticos tendrán efectos de baja magnitud y significancia, considerando una gran similitud con la prevalencia de sus condiciones actuales, exceptuando los terrenos que serán utilizados, donde se modifica el atributo geomorfológico y edáfico, y la construcción de las obras de drenaje, que producirá puntualmente de sus condiciones naturales, como se observa actualmente sobre los lomeríos y planicies, donde se realizan actividades agrícolas y pecuarias. Por otra parte, se debe destacar la existencia de una ligera tendencia favorable de la economía de la región, ya que existen zonas potenciales para su crecimiento comercial y de servicios, con predios que potencialmente se irán utilizando para las diferentes necesidades de desarrollo estratégico local. Las siguientes tablas y gráficas muestran las tendencias futuras del SAR.

Tabla VII. 12. Comportamiento de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental Regional, a corto, mediano y largo plazo, sin la inclusión de ningún tipo de proyecto.

ATRIBUTO DEL SISTEMA	CALIDAD AMBIENTAL 2022	AÑO DE LA MODELACIÓN REALIZADA					
		2027		2037		2052	
		CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL
Geomorfología	0.400	0.396	0.004	0.388	0.008	0.353	0.035
Hidrología	0.500	0.479	0.021	0.469	0.009	0.427	0.042
Suelo	0.400	0.389	0.011	0.381	0.008	0.347	0.034
Vegetación	0.500	0.493	0.007	0.483	0.010	0.440	0.043
Fauna	0.400	0.391	0.009	0.384	0.008	0.349	0.034
Hábitat	0.400	0.390	0.010	0.382	0.008	0.348	0.034
Economía	0.400	0.416	-0.016	0.438	-0.022	0.461	-0.023

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VII. 13. Modificación de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental Regional, a corto, mediano y largo plazo, sin la integración de ningún tipo de Proyecto.

COMPONENTE AMBIENTAL	COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL (%)		
	2027	2037	2052
Geomorfología	-1.7	-0.3	-0.7
Hidrología	-3.8	-2.5	-0.6
Suelo	-2.0	-1.8	-2.3
Vegetación	-3.0	-2.9	-0.6
Fauna	-2.6	-2.5	-1.1
Hábitat	-3.5	-3.6	-2.4
Economía	1.7	2.2	2.2

Fuente: PIMEX, 2022.

En este documento se utilizará el termino de Brecha Ambiental, que refleja la diferencia y comportamiento de cada factor ambiental a lo largo del tiempo, matemáticamente es la separación cuantitativa de la calidad de los factores respecto a su línea base, sobre del cual se hace el análisis ciclo por ciclo. El Sistema Ambiental Regional del Proyecto esta particularmente definido por un proceso de deterioro sobre los atributos geomorfológicos, edáficos y bióticos, bajo presiones antropogénicas, destacando la demanda de agua para la población humana, generación de aguas residuales, demanda de agua para la agricultura de riego, presión de la vegetación natural destinada para el pastoreo intensivo de ganado menor, sobre todo en las laderas bajas de los lomeríos, lo cual ocasiona la migración de la fauna silvestre, permitiendo el predominio de la fauna común en la cercanía de los núcleos urbanos. Debido a estas diversas presiones, se asignan medios y bajos valores de calidad ambiental de los atributos evaluados, por lo que el SAR tiende hacia una progresiva degradación. La geomorfología de la Región con elevaciones moderadas y bajas prácticamente en toda la trayectoria del proyecto, intercalada por planicies, con serias afectaciones, caminos de terracerías y pastoreo principalmente, que se desarrolla sobre la ladera baja y media sobre estratificaciones y plegamientos superficiales de las rocas calizas. Otra geoforma afectada por el trazo son las planicies, una dedicada a la agricultura y otras erosionadas. La modelación realizada sin proyecto muestra una brecha ambiental para la geomorfología de una milésima en el lapso de cinco años que se incrementa a 2 milésimas en 15 años y finalmente a 4 milésimas, contemplando una mayor presión sobre las laderas bajas y mayor inestabilidad de los lomeríos medios, alcanzando una pérdida de calidad ambiental del 1.7, 0.3 y 0.7% en los tiempos analizados. En el Sistema Ambiental se presenta en la actualidad la modificación de los atributos de la hidrología en calidad y cantidad, donde la hidrología tiene una presión para el abastecimiento de agua para riego agrícola y servicios para los núcleos poblaciones del SAR, que generan aguas residuales y sin ningún tratamiento son vertidos al cauce de cuerpos de agua. La época de lluvias también produce una mejoría temporal de la calidad del agua, con un carácter temporal limitado y que produce la erosión de las planicies ya deterioradas y sin control. Con relación a la modelación de la hidrología del Sistema Ambiental Regional, se observa que la calidad ambiental actual, muestra un descenso en 19 milésimas en el primer lapso de cinco años y posteriormente su brecha

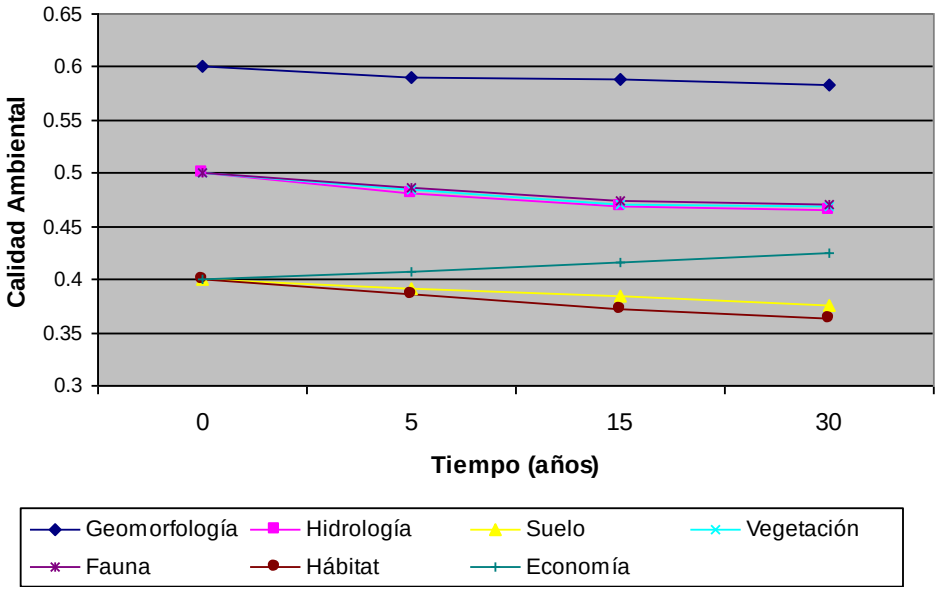
ambiental se reduce en el año 2037 en 12 milésimas, y finalmente se incrementa en 3 milésimas en el año 2052, mostrando una oscilación, pero siempre una tendencia hacia el deterioro; pierde como máximo el 3.8% de su calidad ambiental y posteriormente oscila entre 2.5 y 0.6%. El suelo del Sistema Ambiental, presenta una baja calidad ambiental, cuya tendencia es hacia una continua degradación, ya que prácticamente han desaparecido los suelos originales de laderas bajas y planicie ante el establecimiento de zonas agrícolas, ganaderas, asentamientos humanos y de servicios; no existe la posibilidad de revertir el deterioro ejercido sobre los recursos edáficos y por el contrario, se tiene una presión sobre terrenos en las laderas, donde prevalecen los suelos someros y pedregosos y sobre las planicies, dos de ellas muy erosionadas. En este sentido, la modelación realizada al atributo suelo le otorga un valor de calidad ambiental que posteriormente, en los tiempos subsecuentes, se vaya obteniendo una brecha ambiental para el año 2027 de 8 milésimas, a 7 milésimas en el 2037 y finalmente incrementarse ligeramente para el año 2052 a 9 milésimas, con una clara tendencia hacia la pérdida del suelo. Se pierde en cada modelación el 2.0, 1.8 y 2.3% de calidad ambiental.

En el SAR se observa un progresivo deterioro sobre los factores de la vegetación, con una disminución y apertura de la vegetación en los lomeríos, desaparición en la planicie agrícola y modificación de la composición en las planicies erosionadas. Existe el predominio de especies vegetales fragmentadas, así como manchones dispersos por todo el SAR; por el contrario, se tiene un mayor estado de conservación en las porciones altas, donde pueden encontrarse comunidades vegetacionales con una condición clímax y paraclímax, donde se observa una matriz conservada y una tendencia progresiva hacia la conservación. Sus valores de calidad ambiental inicial son moderados y se puede pronosticar que la partes bajas y planicies habrán de perderse paulatinamente, donde la modelación muestra una brecha ambiental de 15 milésimas para el año 2027, que disminuye a 14 milésimas en el 2037 y finalmente desciende en el año 2052 a 3 milésimas, con una clara tendencia a la estabilización de la vegetación, principalmente sobre las partes altas. Las pérdidas de la calidad ambiental se oscilan en cada ciclo de la modelación con 3.0%, 2.9% y 0.6%, con una tendencia hacia la estabilización, principalmente en los sitios donde la presencia humana es esporádica permitiendo que se conserve paulatinamente. A consecuencia de la dinámica de la vegetación natural, la fauna muestra una tendencia a disminuir su presencia en las planicies, donde se ha desarrollado la agricultura, en las zonas urbanas, y áreas donde se ha incorporado la infraestructura de caminos y caminos de terracería. La presencia de una matriz deteriorada en las laderas bajas y medias de los lomeríos evita la presencia segura de las comunidades faunísticas. Sus valores de calidad ambiental inicial de la fauna son moderados y tienen a perderse ligeramente, donde la modelación muestra una brecha ambiental para el año 2027 de 13 milésimas, que desciende a 12 milésimas en el 2037 y finalmente disminuye en el año 2052 a 5 milésimas, con una clara tendencia a la conservación de los recursos faunísticos, debido a la imposibilidad de realizar actividades productivas en todo el SAR. Las pérdidas de la calidad ambiental se comportan de manera decreciente en cada ciclo de la modelación con 2.6%, 2.5% y 1.1%, con una tendencia hacia la estabilizar el comportamiento y mantener una buena dinámica ecológica en aquellos sitios donde la presencia humana es inaccesible o esporádica, donde las condiciones de conservación serán más permanentes y seguras. El factor Hábitat muestra una condición de baja calidad ambiental, debido a que sus componentes han sido modificados en su totalidad o parcialmente, por el contrario, en las partes altas, se conservan sus elementos ecosistémicos, tanto estructural como funcionalmente, dada la baja posibilidad de cambio de uso del suelo y esporádica presencia humana. La vegetación tiene baja resiliencia, ocasionada por los factores climáticos y edáficos ofrecen características limitantes para recuperar el hábitat y, por ende, los procesos ecosistémicos, por lo cual la presencia humana, inclusive considerando una mínima actuación, produce una tendencia hacia el deterioro del hábitat.

Los valores de la modelación realizada muestran una brecha ambiental para el año 2027 de 14 milésimas, que se mantiene en el año 2037 y finalmente disminuye en 2052 a 9 milésimas, con una clara tendencia a la conservación del hábitat exclusivamente en las partes altas de los lomeríos, con fuertes limitantes para la presencia humana. La pérdida de la calidad ambiental muestra una tendencia asintótica, con 1.7%, 2.2% y 2.2% en cada ciclo de la modelación. Con relación a la dinámica económica de la región se registra localmente un bajo potencial económico,

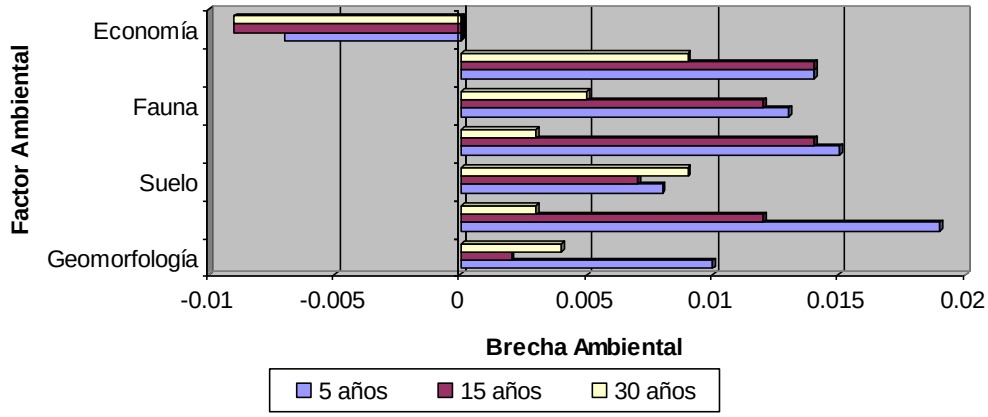
debido a las fuertes limitaciones para las actividades productivas, de tal manera que las posibilidades de crecimiento de la economía local, es la integración a la dinámica regional, nacional e internacional, accediendo a los mercados globalizados. Es claro que este crecimiento económico tiene un beneficio estrecho, lo cual se predice a través de los valores obtenidos de la brecha ambiental, de carácter benéfico para el año 2027 de 7 milésimas, que se incrementa ligeramente a 9 milésimas en el 2037 y se mantiene con esa misma valoración hasta el año 2052 a 3 milésimas, con una clara tendencia a estabilizar, a mediano plazo, la dinámica económica tanto local como regional. Se observa un mejoramiento de la calidad ambiental con una tendencia asintótica del 1.7% al inicio, con el aumento de la movilidad de materias, primas, productos y población, que se incrementa a 2.2% y 2.2%, en los dos últimos periodos de tiempo, indicando una tendencia clara la estabilización asintótica. Las siguientes gráficas muestran los resultados y el comportamiento de la Simulación de Escenario KSIM "Sin Proyecto" es decir sin la ejecución de ningún proyecto, así como la "brecha ambiental", que resulta de considerar el valor inicial de la calidad ambiental y su diferencia a lo largo de los tiempos analizados. Como mencionar que existe un conjunto de presiones sobre el sistema ambiental, proveniente de las actividades agrícolas y pecuarias actuales, que han propiciado la existencia de procesos deteriorantes sobre los atributos del suelo, fauna, hábitat, y vegetación, cuyos atributos iniciales muestran una significativa reducción de su calidad ambiental del sistema ambiental "Sin Proyecto", con una "Brecha Ambiental" que se amplía paulatinamente respecto las condiciones actuales. Se obtienen efectos positivos en el ámbito económico, con una tendencia favorable, así como un comportamiento a estabilizar sus valores, debido a que el dinamismo económico debe alcanzar su máximo y finalmente cesar el crecimiento y mantener una tendencia asintótica de las actividades económicas comunes actuales, en el ámbito agrícola, urbano, industrial, comercial y de servicios, sin la posibilidad de tener un crecimiento explosivo o una caída del dinamismo económico.

Gráfica VII. 3. Tendencia del Sistema Ambiental Regional sin la incorporación del Proyecto, al año 2052.



Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica VII. 4. Brecha Ambiental del Sistema Ambiental Regional sin la incorporación del Proyecto, al año 2052.



Fuente: PIMEX, 2022.

VII.2. Descripción y análisis del escenario con proyecto.

VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO.

Afectación sobre unidades de paisaje.

En este contexto, el paisaje se compone por unidades discretas, perceptibles y diferenciables ligadas con los usos de suelo que una sociedad da y acepta para un espacio territorial. Las unidades de paisaje, entonces, se estructuran de acuerdo con una composición de características o rasgos naturales que las hacen claramente distinguibles unas de otras, condición que permite que sean una base territorial para evaluar la oferta de recursos naturales y su manejo para efectos de planeación sectorial y espacial con límites naturales distinguibles al ojo humano.

La situación conceptual considerada es una división espacial del entorno con fines de establecer una demarcación, en este caso el Sistema Ambiental Regional, para poder realizar, bajo límites, un análisis cartográfico de las unidades de paisaje. Para ello se consideraron las escalas de trabajo de 1:7,500 para la cartografía aceptada por la resolución de las imágenes y planos utilizados.

Bajo el marco de referencia descrito, se aborda el impacto y riesgo ambiental utilizando un Sistema de Información Geográfica vectorial con lo cual se realiza una cartografía sobre la que se contrastan las propiedades del proyecto. Para este caso se utilizó el programa Arcgis 10.3.

La aplicación de herramientas SIG a la metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) potencian la comprensión del entorno y permiten la integración, modelado, análisis y la valoración de los distintos factores que, eventualmente, harán de interactuar con la obra o actividad propuesta.

La utilización del SIG en la valoración del impacto ambiental permite, entre otras cosas:

- Obtener, acopiar y sistematizar la información ambiental.
- Realizar un diagnóstico ambiental documentado.
- Analizar la información ambiental en base a daros numéricos con referencia espacial y temporal lo que permite un mayor nivel de integración y procesamiento.
- Ofrece información detallada, confiable y referida geográficamente.
- Permite el planteamiento de preguntas y ofrece respuestas confiables.

En función de lo anterior se presenta a continuación una valoración de los impactos ambientales a partir del conocimiento del inventario de los elementos naturales documentados utilizando el Sistema de Información Geográfica, esto en virtud de que esta herramienta y método ofrecen una descripción de espacio basada en la cuantificación del conjunto elementos naturales que pudieran ser afectados por la obra pretendida y con ello

proveer, y aplicar, las medidas de prevención, mitigación y/o compensación necesarias, pertinentes y específicas para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Valoración de impactos ambientales estimados con métodos específicos de la relación sin proyecto y con proyecto. El método que se emplea es el propuesto por Gabriel Ortiz para proyectos en una sola opción de trazo. Este método basa la valoración del impacto ambiental en dependencia de la ponderación del valor relativo dado a los tipos de vegetación, unidades ambientales o de paisaje en función de los siguientes criterios:

- Grado de cobertura.
- Estructura espacial
- Diversidad en la etapa serial de la sucesión.
- Estado de conservación.
- Endemismos.

Según estos criterios se valora cada una de las unidades de 1 al 10.
El procedimiento para extraer el índice de impacto es el siguiente:

$$C_i = \frac{\sum Su * V}{Sr} * 100$$

Dónde: Su=Es la superficie de las unidades a valorar y V= es el valor de conservación (ponderación).
Sr: Superficie equivalente de las unidades de vegetación consideradas en el ámbito geográfico de referencia. Esta superficie equivalente se extrae de la sumatoria de todas las superficies de las unidades consideradas en la región geográfica estudiada multiplicadas por su correspondiente grado de conservación. El resultado del cálculo del índice es expresado en porcentaje y para su interpretación se ha de tener en cuenta la situación **sin proyecto**, que debe ser del 100%, a esta situación sin proyecto se le resta el resultado de la estimación **con proyecto**. Si las pérdidas de superficie equivalente son superiores a un 30% o próximas a un tercio, el trazo del proyecto es inadmisible y, en consecuencia, se debe modificar la propuesta.

Impacto de las actividades para la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto: E.C. (Ixtlahuaca – Naucalpan) Centro Ceremonial Otomí – Llano del Rayo – Jiquipilco El Viejo, Tramo: del Km 0+000 Al Km 4+620 con una meta de 4.6 Km., en el Municipio de Temoaya, Estado de México"

De acuerdo con los Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 Serie VII, el Sistema Ambiental Regional del trazo del proyecto cuenta con una superficie total de 2,231.75 hectáreas, de las cuales de acuerdo con la carta del INEGI Serie VII, el pastizal inducido es el uso de suelo de mayor representatividad con 819.69 hectáreas que equivalen al 36.73%, es decir un poco más de la tercera parte del total, le sigue la agricultura de temporal anual con 708.46 hectáreas que representan 31.74% y el bosque de oyamel abarca 462.73 hectáreas, es decir el 20.73%, mientras el 10.79% restante lo ocupa el bosque de pino-encino con 240.87. Es decir, que existe un gran porcentaje de usos de suelo agropecuarios con el 68.47%.
Estos datos se pueden apreciar en la siguiente tabla y en la subsecuente imagen:

Tabla VII. 14. Uso de Suelo y Vegetación Presentes en el Sistema Ambiental Regional (INEGI, 2015).

CLAVE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
BA	Bosque de oyamel	462.73	20.73%
BPQ	Bosque de pino-encino	240.87	10.79%
PI	Pastizal inducido	819.69	36.73%
TA	Agricultura de temporal anual	708.46	31.74%
Total		**2,231.75**	**100.00%**

Fuente: PIMEX, 2022.

Para el presente análisis se tomaron en cuenta las imágenes satelitales, los vídeos tomados por el dron durante la visita a campo y la misma visita para determinar distintas zonas más específicas del Sistema Ambiental Regional, entre otras, el estado actual de la zona, la vegetación de bosque de coníferas, la infraestructura de transporte, las corrientes de agua, por señalar algunas. Las siguientes unidades de paisaje fueron las que se encontraron dentro del SAR, siendo la más representativa la unidad de paisaje el pastizal inducido con fines pecuarios con el 36.22% que representan 808.36 hectáreas, en orden de importancia le sigue la agricultura con 692.57 hectáreas que equivalen al 30.03%, en tercer sitio se ubica el bosque de oyamel con 458.21 hectáreas que equivalen al 20.53% del SAR, la cuarta unidad de paisaje con 10.73% que son equivalentes a 239.54 hectáreas se trata del bosque de pino-encino. En tanto que, el 1.48% restante lo cubren 5 distintas unidades de paisaje. Estos datos se pueden verificar en la siguiente tabla:

Tabla VII. 15. Unidades del paisaje presentes en el SAR.

UNIDADES DE PAISAJE	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE (%)
Pastizal inducido	808.36	36.22%
Agricultura de temporal anual	692.57	31.03%
Bosque de oyamel	458.21	20.53%
Bosque de pino-encino	239.54	10.73%
Cauce intermitente	10.32	0.46%
Carretera de terracería	7.85	0.35%
Cauce permanente	5.71	0.26%
Carretera pavimentada	5.51	0.25%
Camino tipo brecha	3.68	0.16%
Total	**2,231.75**	**100.00%**

Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se muestra lo siguiente:

a) El inventario ambiental determinado a escala 1:10,000.
b) La valoración del impacto ambiental, mediante índices de impacto.

Se presenta la cartografía general realizada, a escala 1: 10,000, indicando el Sistema Ambiental Regional, con la inserción del trazo existente del camino.

El mapa anterior permite conocer el espacio en el que se inserta el proyecto.

RESULTADOS.
Análisis del Coeficiente de Impacto (Ci), incluyendo las unidades de paisaje señaladas anteriormente.

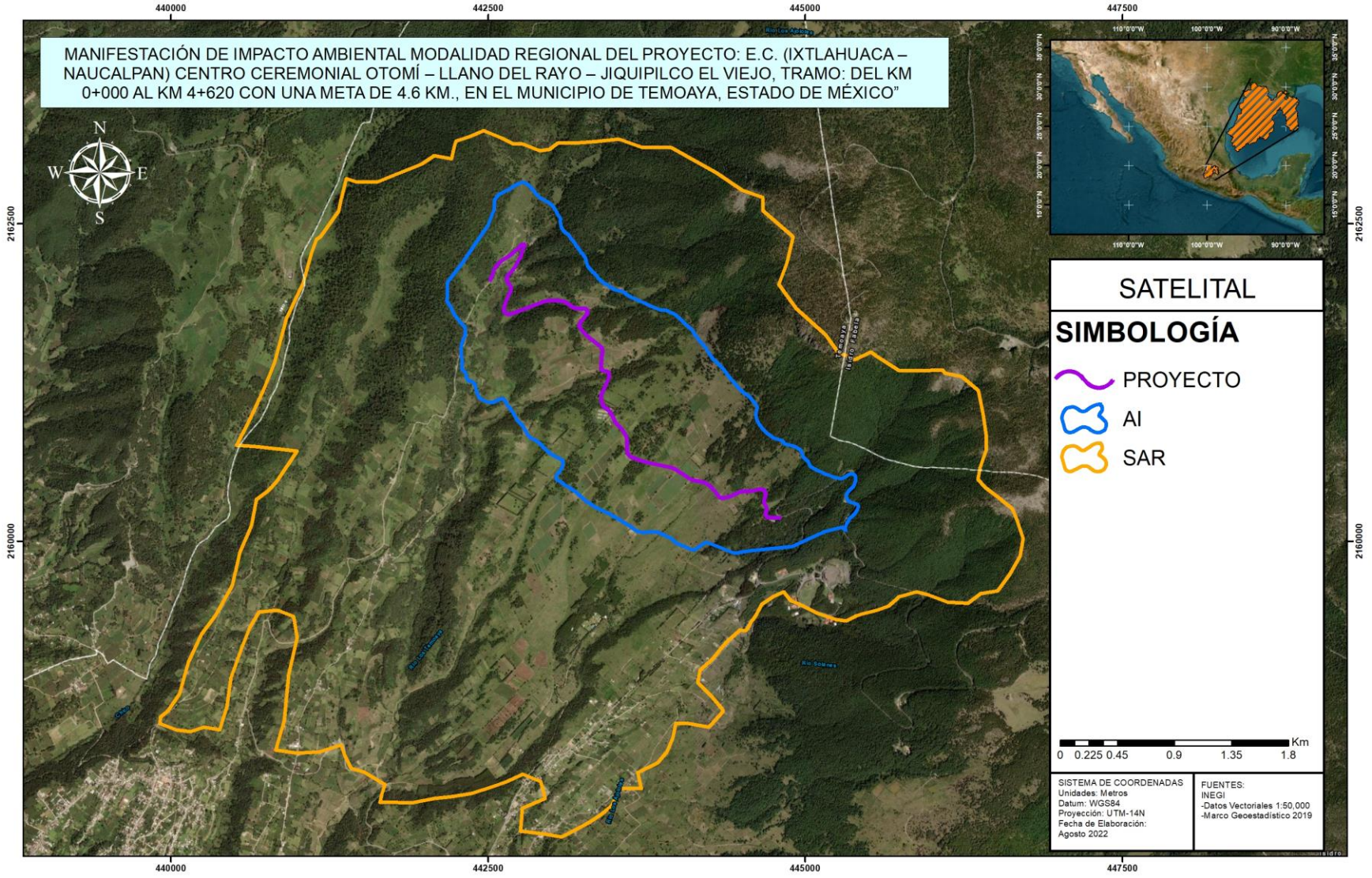
Tabla VII. 16. Análisis regional a escala 1:10,000.

UNIDADES AMBIENTALES	SUPERFICIE HA (SU)	VALOR DE CONSERVACIÓN (V)	SUPERFICIE EQUIVALENTE (SE)	ÍNDICE DE IMPACTO (CI) SIN PROYECTO
Pastizal inducido	808.36	5	4,041.80	100
Agricultura de temporal anual	692.57	5	3,462.85	
Bosque de oyamel	458.21	9	4,123.89	
Bosque de pino-encino	239.54	9	2,155.86	
Cauce intermitente	10.32	8	82.56	
Carretera de terracería	7.85	5	39.25	
Cauce permanente	5.71	7	39.97	
Carretera pavimentada	5.51	5	27.55	
Camino tipo brecha	3.68	5	18.40	
Total, en la Región	2,231.75		13,992.13	
Total, Superficie Equivalente				
Ci				

Fuente: PIMEX, 2022.

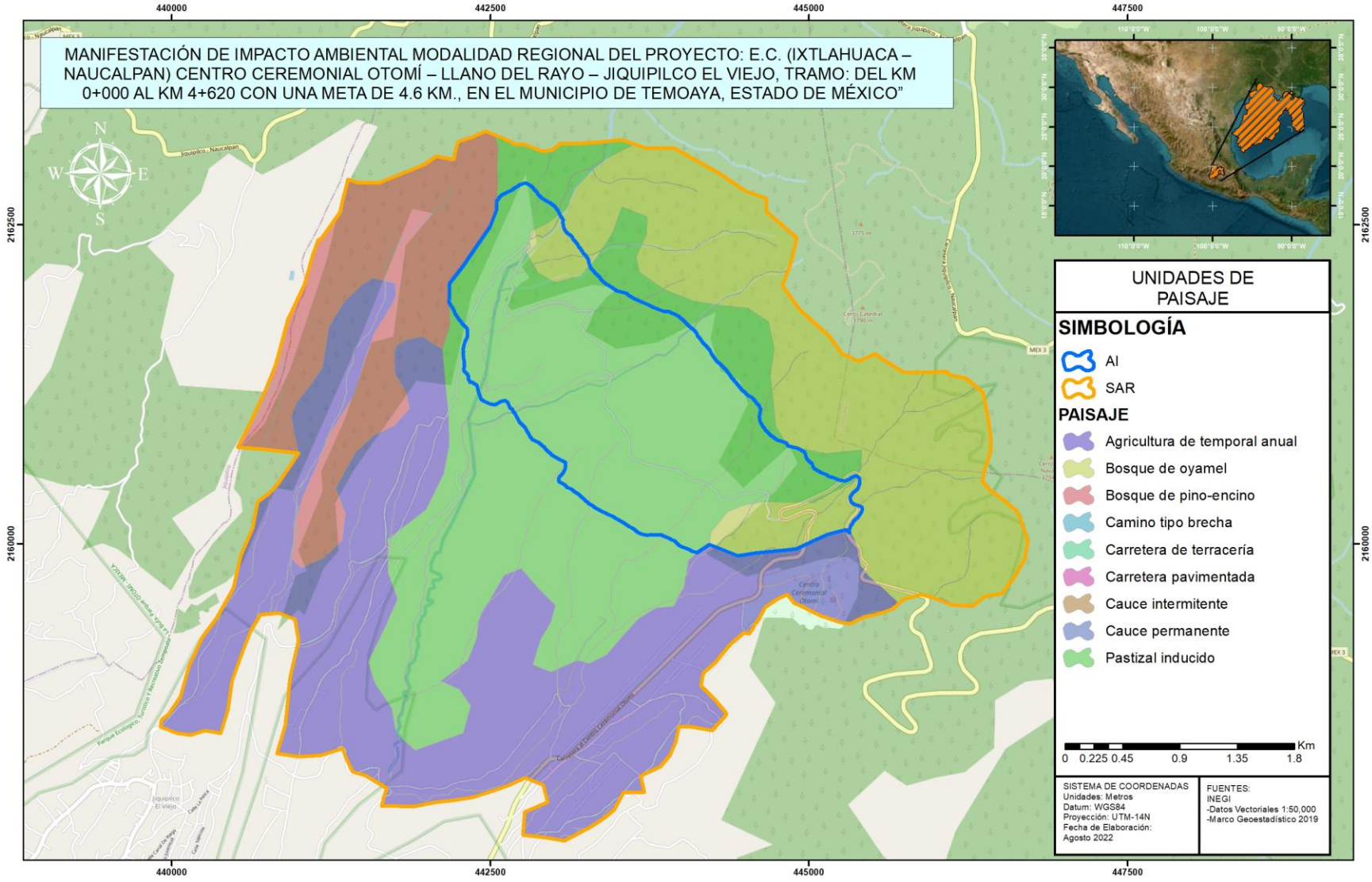
El 100% representa el indicador para la situación **sin proyecto.**

Imagen VII. 10. Condición actual del Sistema Ambiental Regional sin unidades de paisaje.



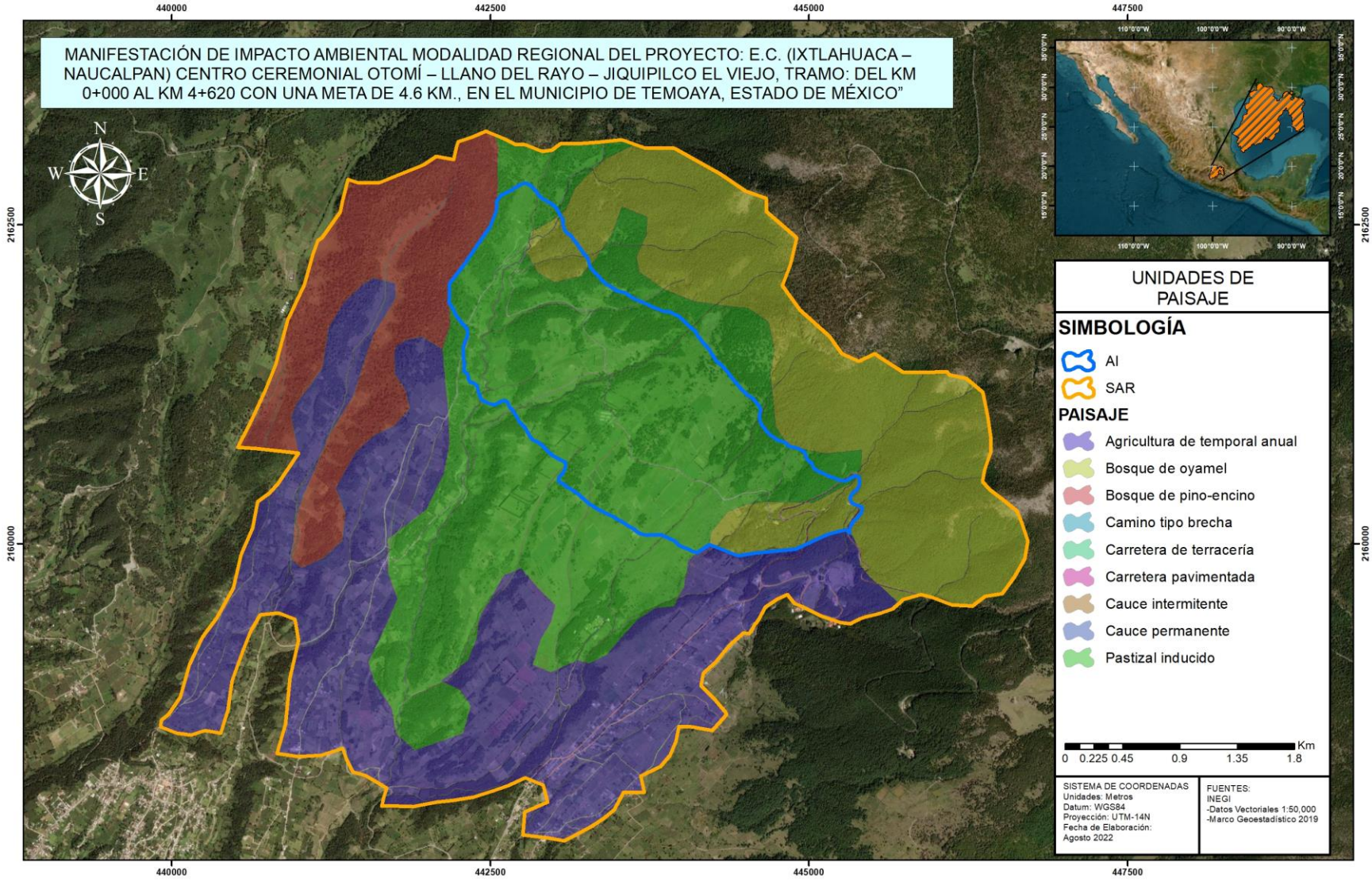
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 11. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen en Google Maps.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 12. Condición actual del Sistema Ambiental Regional con unidades de paisaje y sin proyecto con imagen satelital.



Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se realizará un análisis una vez ingresado el trazo del proyecto, para ponderar la viabilidad y compatibilidad de la propuesta antes de su ingreso, cabe mencionar y recordar que se trata de una modernización de la carretera de terracería existente, es decir la mayor parte de los impactos más significativos ya fueron realizados con anterioridad al presente proyecto. Las siguientes son las unidades de paisaje que serán afectadas por el ingreso del trazo del proyecto:

Tabla VII. 17. Afectación Total a las unidades de paisaje.

UNIDADES DE PAISAJE	ÁREA (HAS)	PORCENTAJE
Bosque de oyamel	0.1127	4.94%
Pastizal inducido	2.1709	95.06%
Total, afectación	2.2836	100.00%

Fuente: PIMEX, 2022.

Como se puede observar en la tabla anterior, la unidad más importante por el ingreso del trazo del proyecto el pastizal inducido con 2.1709 hectáreas que representan el 95.06%, seguido del bosque de oyamel con 0.1127, es decir el 15.97% del SAR. La siguiente tabla evalúa la pérdida de estas unidades de paisaje:

Tabla VII. 18. Ponderación regional a escala 1:10,000 una vez ingresado el proyecto.

UNIDADES AMBIENTALES	SUPERFICIE HA (SU)	SUPERFICIE ELIMINADA	SUPERFICIE REMANENTE	VALOR DE CONSERVACIÓN	SUPERFICIE EQUIVALENTE	ÍNDICE DE IMPACTO CON PROYECTO
Pastizal inducido	808.36	2.171	806.19	5	4,030.95	96.64%
Agricultura de temporal anual	692.57	0.000	692.57	5	3,462.85	
Bosque de oyamel	458.21	0.113	458.10	8	3,664.78	
Bosque de pino-encino	239.54	0.000	239.54	9	2,155.86	
Cauce intermitente	10.32	0.000	10.32	8	82.56	
Carretera de terracería	7.85	0.000	7.85	5	39.25	
Cauce permanente	5.71	0.000	5.71	7	39.97	
Carretera pavimentada	5.51	0.000	5.51	5	27.55	
Camino tipo brecha	3.68	0.000	3.68	5	18.40	
Total, en la Región	2,231.75	2.284	2,229.47			
Total, Superficie Equivalente con Proyecto					13,522.16	
Total, Superficie Equivalente sin Proyecto					13,992.13	
Ci						

Fuente: PIMEX, 2022.

Enseguida se muestra el resultado por las obras propuestas para el *"Camino E.C. (Ixtlahuaca – Naucalpan) Centro Ceremonial Otomí – Llano del Rayo – Jiquipilco El Viejo, Tramo: del Km 0+000 Al Km 4+620 con una meta de 4.6 Km., en el Municipio de Temoaya, Estado de México",* a la resolución indicada las superficies de intervención por el proyecto existente.

Tabla VII. 19. Diferencia de coeficientes de impacto (pérdida de superficie equivalente)

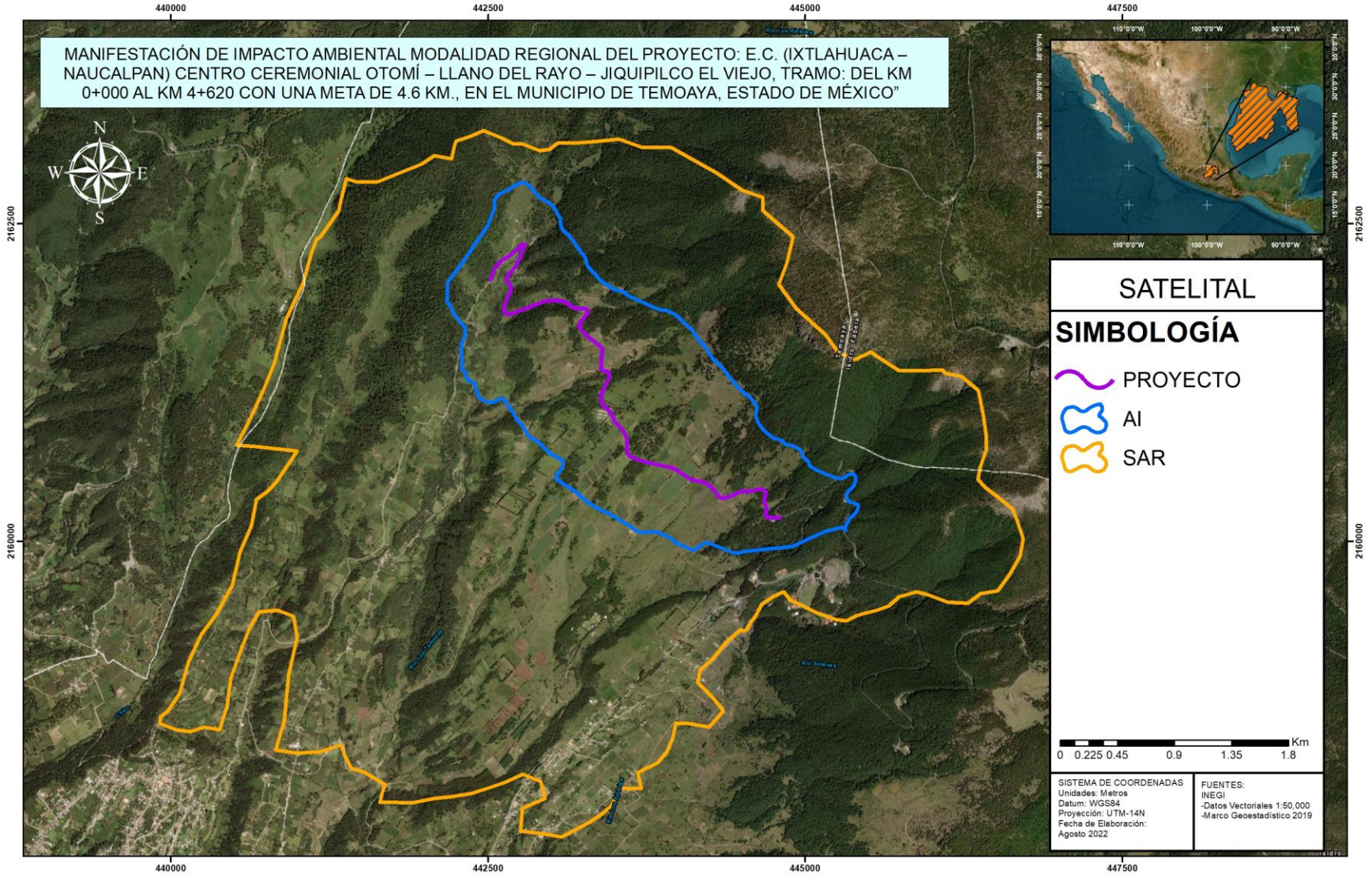
ÍNDICE DE IMPACTO (CI) SIN PROYECTO	ÍNDICE DE IMPACTO (CI) CON PROYECTO	DIFERENCIA ENTRE SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO	DIAGNÓSTICO
100.00%	96.64%	3.36%	Compatible

Fuente: PIMEX, 2022.

Utilizando este tratamiento se presenta una diferencia de coeficientes del **3.36%** entre la situación sin proyecto y con proyecto existente. Se puede calificar el impacto, así valorado, como **compatible**. Toda vez que se trata de una modernización del camino ya existente, por ello el coeficiente de impacto indican la compatibilidad de esta modificación en el Sistema Ambiental Regional. Huelga señalar que en el Área de Influencia sucede caso similar que, con el SAR, esto es una vez realizado el análisis se presenta un índice de impacto con el proyecto igual a

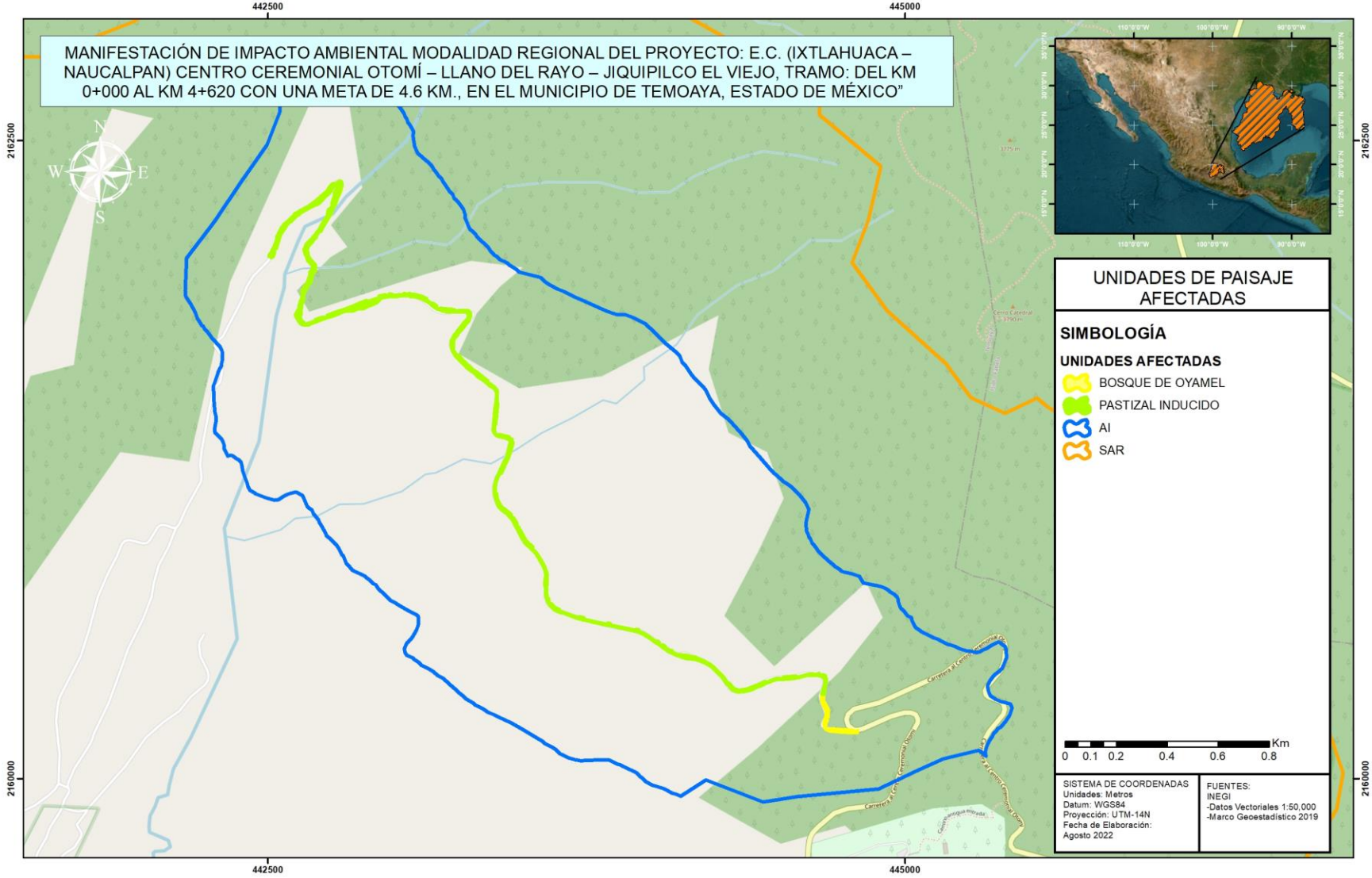
88.69%, y por consiguiente un **0.66%** en la diferencia entre la situación con y sin proyecto, es decir, el proyecto también es **compatible**.

Imagen VII. 13. Modernización de camino existente de terracería.



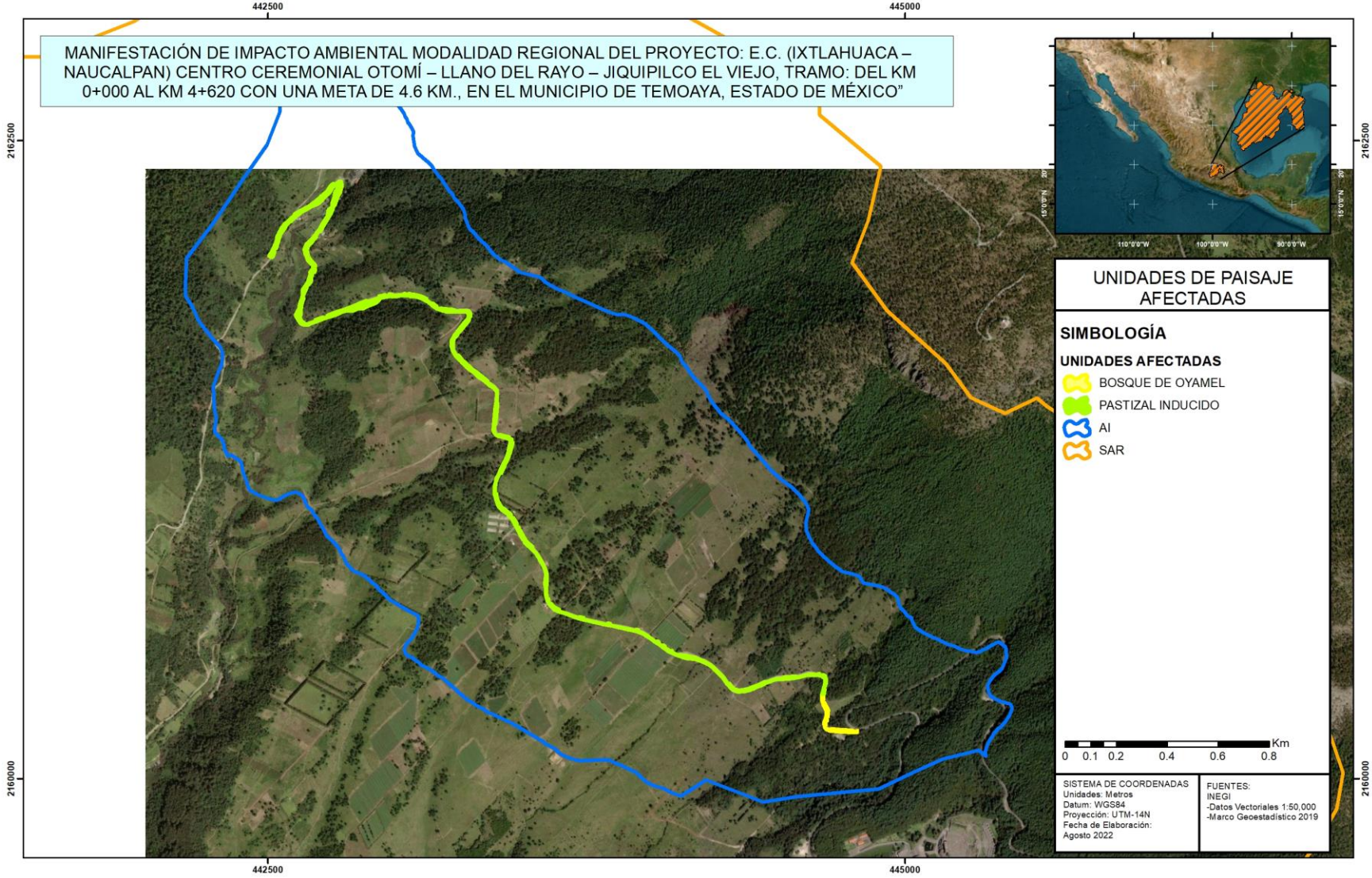
Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 14. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen Google Maps.



Fuente: PIMEX, 2022.

Imagen VII. 15. Afectación a las unidades de paisaje del Sistema Ambiental Regional con proyecto con imagen satelital.



Fuente: PIMEX, 2022.

Fotografía VII. 1. Vista de la carretera de terracería existente.



Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se muestra el análisis de los resultados de la Simulación KSIM con la integración del Proyecto, y su comparación con el valor obtenido de la Modelación "Sin Proyecto", de acuerdo con tres diferentes intervalos de tiempo de 5, 15 y 30 años. De esta forma se conoce numéricamente la "Brecha Ambiental", entre el Proyecto y el Escenario "Sin Proyecto". Cabe mencionar que cuando se obtienen valores positivos, estos corresponden a los "Pasivos Ambientales "como respuesta de los impactos negativos derivados del desarrollo del Proyecto. En el caso de obtener valores negativos, se interpretan como "Activos Ambientales", que resultan los efectos benéficos de las distintas actividades del proyecto y que son favorables al entorno. La tabla siguiente muestra los valores obtenidos para la Modelación KSIM del SAR para la integración del Proyecto, considerando su construcción, operación y mantenimiento; posteriormente se discuten los valores y principales conclusiones obtenidas.

Tabla VII. 20. Comportamiento de la Calidad Ambiental del Sistema Ambiental con la integración del Proyecto, a corto, mediano y largo plazo.

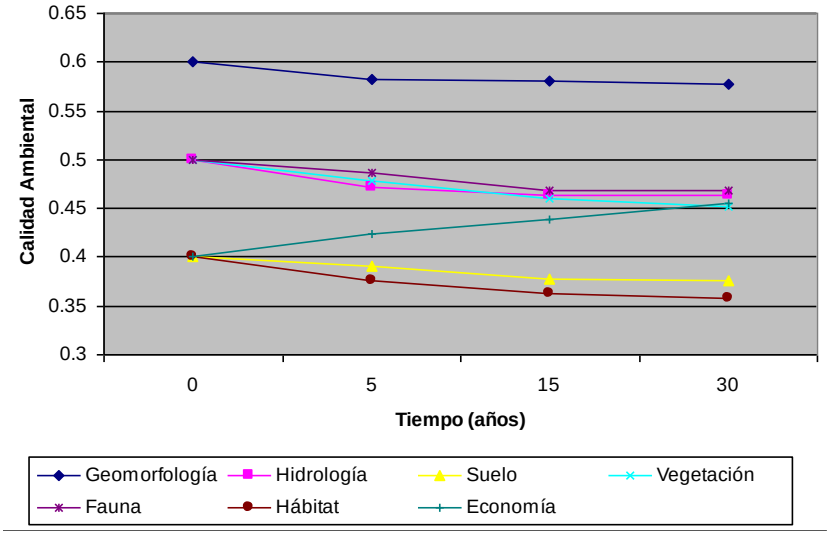
ATRIBUTO DEL SISTEMA	CALIDAD AMBIENTAL 2022	AÑO DE LA MODELACIÓN REALIZADA					
		2027		2037		2052	
		CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL	CALIDAD AMBIENTAL	BRECHA AMBIENTAL
Geomorfología	0.6	0.583	0.007	0.58	0.008	0.578	0.006
Hidrología	0.5	0.472	0.009	0.464	0.005	0.464	0.002
Suelo	0.4	0.391	0.001	0.378	0.007	0.376	0
Vegetación	0.5	0.479	0.006	0.46	0.011	0.452	0.016
Fauna	0.5	0.486	0.001	0.469	0.006	0.469	0.001
Hábitat	0.4	0.376	0.01	0.362	0.01	0.358	0.005
Economía	0.4	0.424	-0.017	0.438	-0.022	0.456	-0.031

Fuente: PIMEX, 2022.

La integración del proyecto producirá efectos sobre la geomorfología, principalmente en la ladera baja de los lomeríos medios y bajos, principalmente en la porción central de la trayectoria; asimismo producirá afectaciones a la geomorfología de las planicies, asociado al movimiento de materiales y nivelación, para asegurar la continuidad del libramiento. En relación con la modelación realizada, se observa que la calidad ambiental de la geomorfología, produce un descenso para el año 2027 de 7 milésimas, para posteriormente incrementarse a 8 milésimas en el 2037 y finalmente terminar con un valor de brecha ambiental de 6 milésimas en el año 2052, mostrando durante la modelación realizada, una tendencia a estabilizar las condiciones de inestabilidad geológica del lomerío bajo en toda la trayectoria, ya que la fragilidad del material habrá de producir movimientos y caídas de material de manera intermitente, asociado a las lluvias torrenciales, que requerirá acciones de mantenimiento y limpieza, hasta alcanzarla máxima estabilidad de los materiales geológicos y una escasa cubierta vegetal. El Sistema Ambiental, tiene un comportamiento decreciente de sus atributos hidrológicos, debido a la modificación temporalmente durante la construcción de la obra, que provoca una alteración al inicio de la modelación y después muestra una clara estabilización y un comportamiento que se acerca a la modelación Sin proyecto descrita anteriormente, debido al control de la dinámica de escorrentía. La modelación considerando la construcción del proyecto, muestra que la hidrología recibirá efectos adversos con una brecha ambiental, para el año 2027 de 9 milésimas, para posteriormente disminuir a 5 milésimas en el 2037 y finalmente terminar con un valor máximo de brecha ambiental de 2 milésimas en el año 2052, mostrando una tendencia a una estabilización de su calidad ambiental, alejándose ligeramente a la modelación Sin Proyecto, como respuesta a la presión que se incrementará paulatinamente, por la demanda del recurso agua para ser destinado a la escasa agricultura de riego, para la población, servicios y en consecuencia, la generación de aguas residuales. El suelo muestra acentuados signos de alteración, así como una baja calidad ambiental y tendencia hacia su degradación continua, por la desaparición de los suelos originales, principalmente por el establecimiento de actividades de pastoreo extensivo en todo el SAR, por lo cual la integración del proyecto acentuara el nivel el deterioro de los recursos edáficos, siendo una importante presión adicional. La modelación realizada al atributo suelo con la integración, se obtiene una brecha ambiental para el año 2027 de 1 milésima, y que muestra un incremento con una valor de 7 milésimas en el 2037 y descender en el año 2052 a un valor de cero milésimas, en virtud de que a largo plazo se alcanza un valor que refleja la degradación de las condiciones del suelo, asociado a la presión por el aprovechamiento de la ganadería, que se desarrolla en las planicies y laderas bajas de los lomeríos cercanos a la cabecera municipal. A igual que muchos componentes del Sistema Ambiental, se observa un grave deterioro sobre la vegetación, debido a que muestra una afectación importante, en toda la trayectoria del proyecto, exceptuando manchones aislados con una buena condición dentro de toda la superficie destinada para ello. Cabe destacar la condición de alta conservación de la vegetación en las partes altas, donde la presencia humana es prácticamente nula. En este sentido, la modelación realizada al atributo vegetación con la integración, se obtiene una brecha ambiental para el año 2027 de 6 milésimas, y que muestra un incremento con un valor de 11 milésimas en el 2037 y aumentar en el año 2052 a 16 milésimas, en virtud de que a largo plazo se alcanza un valor que refleja la degradación de las condiciones de las comunidades vegetales, asociado a la presión por el aprovechamiento del recurso por una mayor ganadería extensiva. En contraparte, es

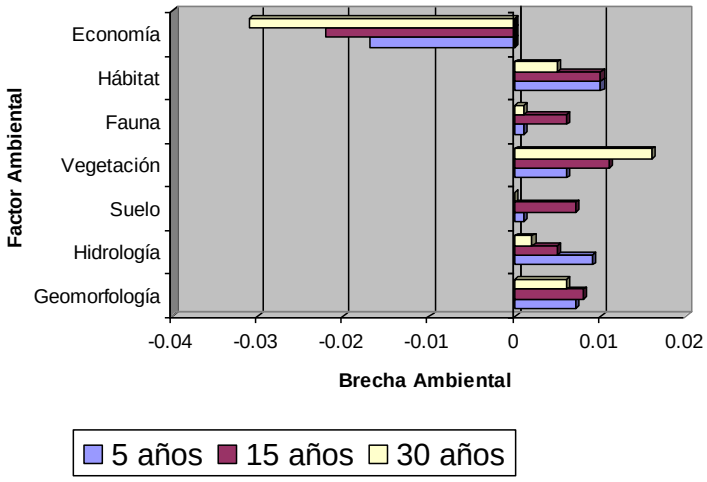
notable la moderada presencia de fauna silvestre en el SAR, con una moderada calidad ambiental inicial, la cual con el proyecto, tienen una ligera afectación, ya que paulatinamente, se observa una reducción de la brecha ambiental, iniciando con un valor para el año 2027 de una milésima, se incrementa a 6 milésimas en el 2037 y nuevamente desciende en el año 2052 a una milésima, con una clara tendencia a la mejoría y estabilización de los atributos del componente faunístico, asociado a las buenas condiciones de la conservación en las partes altas del SAR. El factor Hábitat inicia con una baja calidad ambiental y con comportamiento oscilante con valores cercanos a la modelación Sin Proyecto, con la conservación de la vegetación de las partes altas. Sin embargo, la modelación del proyecto produce valores que reflejan una brecha ambiental para el año 2027 de una milésima, que se mantiene al año 2037 y finalmente se incrementa ligeramente en el año 2052 a 5 milésimas, con una clara tendencia a la estabilización, evidenciando la posibilidad de frenar el deterioro del hábitat, sobre todo en las laderas altas de los lomeríos fuertes. En relación a la dinámica económica de la región, se observa que la integración del proyecto redunda en un mayor y mejor aprovechamiento del potencial económico existente, de tal manera que la plusvalía de los terrenos agrícolas, y de servicios, cercanos, se verán favorecidos y la dinámica regional comercial podrán contar con una vialidad que haga más eficientes sus procesos y propiciando el movimiento de mercancías, productos y personal, en la región logrando una mayor integración y acceso a otros mercados, regionales y nacionales. Es claro que este crecimiento económico tiene un límite, lo cual se observa con una brecha ambiental, de carácter benéfico del Sistema Ambiental Regional, de tal forma que para el año 2027 se obtiene un valor de 17 milésimas, que se incrementa a 22 milésimas en el 2037 y finalmente vuelve a incrementarse en el año 2052 con 31 milésimas, con una clara tendencia de la futura estabilización de la dinámica económica de la región y principalmente la relación económica entre los Municipios. En conclusión, del Proyecto habrá de generar importantes efectos positivos en el ámbito económico, con una tendencia favorable, gracias a que el dinamismo económico tiende a alcanzar su máximo y mantener una gran estabilidad de las actividades económicas relacionadas con los ámbitos urbano, comercial y de servicios, asociados a la dinámica poblacional dedicada a otros rubros, como es el transporte de personal, materias primas y productos. Las gráficas siguientes muestran los resultados y el comportamiento de la Simulación de Escenario KSIM "Con el Proyecto " del proyecto, que representa una obra de prioridad regional, reduciendo la "brecha ambiental", existente entre la Modelación "Sin Proyecto" y la Modelación "Con el proyecto", resultando con una tendencia positiva, ante la comparación a lo largo de los tres tiempos analizados, obteniendo una mejoría de su calidad ambiental de los atributos analizados, generando una reducida "Brecha Ambiental", de acuerdo con las condiciones analizadas.

Gráfica VII. 5. Tendencia del Sistema Ambiental Regional con la incorporación del Proyecto, al año 2052.



Fuente: PIMEX, 2022.

Gráfica VII. 6. Brecha Ambiental del Sistema Ambiental Regional con la incorporación del Proyecto, al año 2052.



Fuente: PIMEX, 2022.

A continuación, se incluyen las Gráficas que muestran la afectación por la integración del Proyecto, con un análisis de las tendencias hacia los 5, 15 y 30 años de los factores modelados, donde se establecen conclusiones de los impactos acumulativos de cada factor. Los cuadros siguientes muestran las variaciones de la calidad ambiental por la integración de las obras propuestas, así como la variación anual a lo largo de los 30 años de la modelación realizada.

Tabla VII. 21. Modificación de la calidad ambiental del Sistema Ambiental Regional con la integración del Proyecto.

FACTOR	2022	2027	2037	2052
Geomorfología	0.007	0.008	0.006	0.007
Hidrología	0.009	0.005	0.002	0.009
Suelo	0.001	0.007	0	0.001
Vegetación	0.006	0.011	0.016	0.006
Fauna	0.001	0.006	0.001	0.001
Hábitat	0.01	0.01	0.005	0.01
Economía	-0.017	-0.022	-0.031	-0.017

Fuente: PIMEX, 2022.

Tabla VII. 22. Modificación de la Calidad Ambiental por Factor, en 30 años y porcentaje, impacto acumulativo y variación anual del Proyecto.

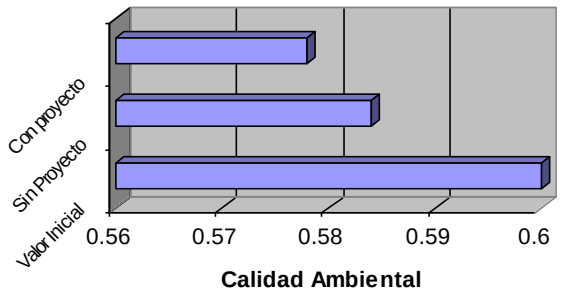
FACTOR	IMPACTO ACUMULATIVO (%)	VARIACIÓN ANUAL (%)
Geomorfología	3.7	0.1
Hidrología	7.3	0.2
Suelo	6.1	0.2
Vegetación	9.9	0.3
Fauna	6.3	0.2
Hábitat	10.8	0.4
Economía	-13.4	-0.4

Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL GEOMORFOLOGÍA. La modificación de la geomorfología de las laderas de los lomeríos bajos, producen un impacto acumulativo que afecta el 3.7% de la calidad ambiental en los 30 años de modelación para este factor, donde la variación anual es de 0.1%, y contemplando que, en la última modelación de 30 años, se tiene la estabilización paulatina de estas geoformas. En este sentido se concluye que ocurre durante la construcción se

produce una modificación importante de la geomorfología por los cortes y conformación de los taludes, así como por la nivelación y estabilización de las plataformas para la integración de los puentes sobre los lomeríos. Tales modificaciones se irán estabilizando conforme transcurra el tiempo y a largo plazo la inestabilidad de los taludes será mínima, así como los potenciales desprendimientos y caídas de los materiales geológicos.

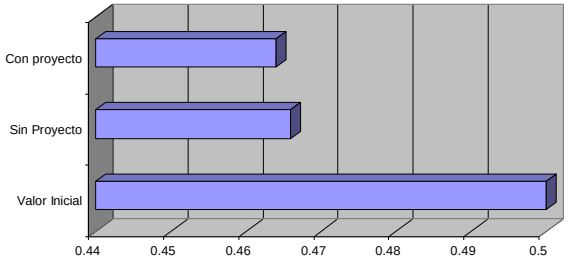
Gráfica VII. 7. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Geomorfología con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL HIDROLOGÍA. La calidad ambiental de la hidrología es moderada a pesar de los procesos de deterioro, por la presión de distintas actividades urbanas cotidianas e incipiente demanda de agua para la agricultura de riego, las cuales producen un descenso de la calidad ambiental. Aunado a la dinámica de las lluvias, las cuales tienen un efecto drástico sobre dos planicies que se ubican dentro del SAR. Bajo la incorporación del proyecto, se tendrán modificaciones iniciales, ya que la liberación de material particulado, se atenuarán conforme se alcance la culminación de la obra. Se observan una tendencia de una mayor presión inicial sobre este recurso, con valores de 5.6, 1.7 y 0.0%, en cada respectiva modelación, mostrando que las presiones por la demanda de agua para la población y agricultura aunado al nulo tratamiento de aguas residuales, producirá un impacto acumulativo de 7.3% de su calidad ambiental en un lapso de 30 años con una tasa anual del 0.20%. La modelación sobre la afectación hacia la hidrología considera que el proyecto producirá un mayor movimiento de vehículos, a lo largo del trazo carretero favoreciendo una mayor accesibilidad y comunicación hacia otras localidades importantes.

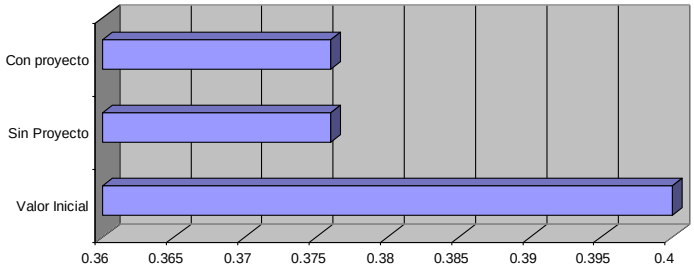
Gráfica VII. 8. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Hidrología, con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL SUELO. Las diversas afectaciones sobre la calidad ambiental del suelo, aunado a la relación entre la presión de las distintas actividades pecuarias, urbanas y agricultura, que han dejado fuertes modificaciones negativas incluyendo procesos erosivos tanto en lomeríos como en las planicies, debido a la combinación con los factores climatológicos, por lo cual después de la integración del proyecto, se tienen efectos adversos, con valores de 2.3%, 3.3% y 0.5%, con un pronóstico de efectos negativos que muestran una tendencia a estabilizarse a largo plazo. Bajo la incorporación del proyecto, se tienen efectos nocivos al suelo, sobre los lomeríos, así como la planicie agrícola, mostrando la desaparición de este recurso y afectación de su calidad ambiental, en comparación con la modelación "Sin Proyecto". Se tiene un impacto acumulativo de 6.1% y una tasa de pérdida anual del 0.20%.

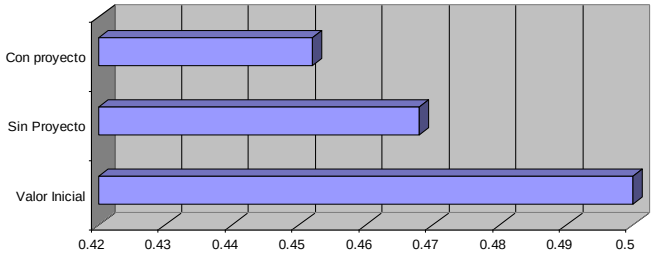
Gráfica VII. 9. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo del Suelo con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL VEGETACIÓN. El conjunto de afectaciones pasadas sobre el factor vegetación han modificado de manera negativa las características, simplificando el sistema y eliminando los organismos originales, sobre todo en las planicies y en los lomeríos, donde se puede desarrollar la agricultura y una ganadería extensiva muy precaria; situación que resulta contraria en las laderas altas de los lomeríos y sierras, donde la vegetación natural permanece en una condición muy protegida, dada la imposibilidad de desarrollar cualquier actividad económica. Con la incorporación del proyecto, se obtienen valores negativos del 4.2%, 4.0% y 1.7%, en cada modelación, mostrando un impacto acumulativo del 9.9%, con una tasa de deterioro anual de 0.30%, lo que se debe a la constante presencia humana, ya sea por las actividades pecuarias, con la afectación a los renuevos de los individuos arbustivos, arbóreos y la delgada capa superficial del suelo.

Gráfica VII. 10. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Vegetación con la integración del Proyecto.

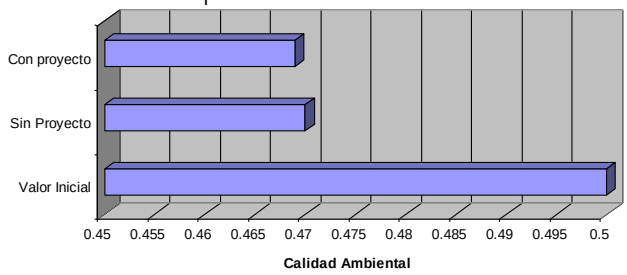


Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL FAUNA. La fauna silvestre ha tenido que migrar fuera de la constante presencia humana, lo cual ha provocado que se situé y persista con buenas poblaciones en las laderas medias y altas de los lomeríos que circundan el SAR, donde existe una buena conservación de las comunidades vegetales.

Con la incorporación del proyecto, se obtienen valores negativos del 2.8%, 3.5% y 0.0%, en cada modelación, mostrando un impacto acumulativo del 6.3%, con una tasa de deterioro anual de 0.2%, lo que se debe a la constante presencia humana, dedicada a la cacería furtiva sin un control y protección de los recursos existentes, y, por el contrario, con la generación de ruidos y molestias a la fauna silvestre.

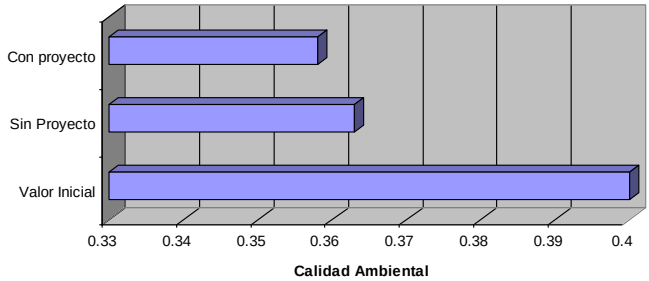
Gráfica VII. 11. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Fauna con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL HÁBITAT. Las actividades agrícolas han producido una fuerte modificación del hábitat, que, aunado a la presencia de los centros de población, ha provocado tanto la fragmentación del hábitat y la conversión en el uso del suelo de toda la planicie y lomeríos bajos, que permiten que el hábitat más conservado y en estadios clímax y paraclímax, se concentre en las partes altas de las geoformas, donde la inclusión del proyecto no tendrá ningún tipo de interacción. El impacto acumulativo producido por la incorporación del proyecto, produce un descenso de la calidad ambiental, en el primer lapso de tiempo, debido a la presencia de equipo y maquinaria pesada, así como la presencia humana, que producirá afectaciones en las etapas iniciales del proyecto y posteriormente tenderá a una estabilidad hasta alcanzar las condiciones identificadas para la Modelación "Sin proyecto", cuyos valores representan el 6.0%, 3.7% y 1.1% resultado de cada modelación, mostrando una tendencia hacia estabilizar el comportamiento de este factor. El impacto acumulativo para el factor Hábitat es del 10.8% y con una tasa anual de variación de su calidad del 0.4 anual, pero como se mencionaba, tiene su mayor afectación durante la etapa de construcción del proyecto, lo cual hace necesario que las medidas de mitigación sean efectivas en ese momento.

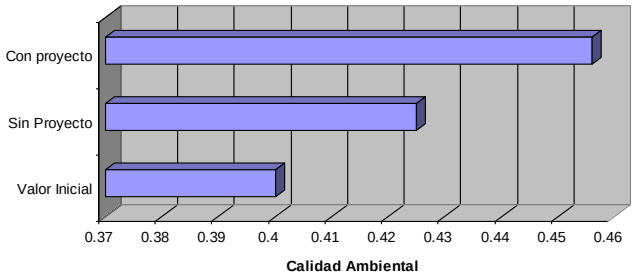
Gráfica VII. 12. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Hábitat con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

FACTOR AMBIENTAL ECONOMÍA. Dada la necesidad de incrementar las condiciones de vida de la población ubicada a lo largo del proyecto, así como la de contar con una vialidad estratégica que comunique de una manera más segura, pueda detonar una serie de actividades comerciales e industriales del SAR, y ofrecer una vialidad rápida y segura a los usuarios. El impacto acumulativo producido sobre la economía regional, por la incorporación del proyecto, es un resultado favorable, con valores del 6.0%, 3.3% y 4.1% de cada modelación, mostrando una mejoría, por encima de la modelación "Sin Proyecto", a consecuencia de una mayor dinámica económica y de servicios. Posterior a la construcción del proyecto, existe un efecto benéfico sobre el ahorro de combustible, tiempos perdidos, mejoría en la comunicación, disminución de accidentes, seguridad en el traslado y mayor movimiento de personas, mercancías, materias primas, productos y servicios. De esta forma tanto, se tiene que el proyecto beneficia directamente a los factores económicos de la región. El impacto acumulativo del proyecto es de 13.4% de su calidad ambiental, con una tasa anual positiva del 0.40%, efecto positivo, con importancia social.

Gráfica VII. 13. Escenario a 30 años e Impacto Acumulativo de la Economía con la integración del Proyecto.



Fuente: PIMEX, 2022.

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

A partir de la Aplicación de la metodología de Bojórquez Tapia (1998), se hace la valoración del escenario ambiental con la incorporación del proyecto y las medidas de mitigación. Los resultados obtenidos para el proyecto se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VII. 23. Ponderación de Impactos del Proyecto, de acuerdo con la metodología de Bojórquez Tapia.

FACTOR AMBIENTAL	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	Magnitud	Espacialidad	Duración	Sinergia	Acumulativo	Controversia	Medida de Mitigación	Índice Básico	Índice complementario	Impacto	Jerarquía del impacto	Significancia	Jerarquía del impacto residual
i	j	Mij	Eij	Dij	Sij	Aij	Cij	Tij	Medij	Sacij	Iij		Gij	
Geomorfología	Cortes de lomeríos Desmonte de vegetación	8	3	8	3	1	1	1	0.70	0.19	0.75	Muy Alto	0.67	Alto
Cobertura vegetal		6	3	5	3	3	3	5	0.52	0.33	0.64	Alto	0.29	Moderado
Alteración de la Hidrología	Terraplenes	5	3	5	2	2	2	4	0.48	0.22	0.57	Alto	0.31	Moderado
Horizontes superficiales	Despalme	3	2	7	2	2	2	4	0.44	0.22	0.53	Alto	0.30	Moderado
Poblaciones de la fauna	Trafico permanente	4	4	2	3	3	2	3	0.37	0.30	0.50	Alto	0.33	Moderado

Fuente: PIMEX, 2022.

A partir del análisis del comportamiento futuro del SAR y considerando las siete principales actividades del proyecto, destaca la actividad que produce un impacto muy alto, correspondiente a los cortes que se realizarán en los lomeríos bajos y medios, (0.75), que modifican de manera permanente la geomorfología y afectan de manera secundaria, los atributos del suelo, las comunidades vegetales, hidrología superficial y modifican el hábitat, al producir su fragmentación; existen actividades del proyecto, que producen un impacto alto, donde la primera corresponde al desmonte de la vegetación (0.64); la colocación de los terraplenes (0.57), despalme del suelo (0.53) a lo largo de toda la trayectoria, donde el suelo sufrirá la pérdida de su composición y será eliminado del sitio original y puede sufrir proceso erosivos de distintas magnitudes, finalmente se tiene al tráfico permanente de los vehículos durante la operación (0.50); finalmente se tiene la emisión de gases de combustión, ruido y aeropartículas con un impacto ambiental bajo y un valor de 0.24. Al discutir la actividad de cortes (0.75, Impacto Muy Alto), se concluye que es un efecto permanente, irreversible, no mitigable y de moderada magnitud y de alta importancia; en ese sentido al carecer de una medida de mitigación directa, produce un impacto residual alto, con una ponderación de 0.67 (Impacto Residual Alto), siendo la única afectación considerada como impacto residual alto. El desmonte de la vegetación a lo largo del derecho de vía (impacto alto, 0.64) y subsecuente migración de la fauna (impacto moderado, 0.50), tiene las posibilidades de ser mitigado y producir un moderado impacto residual sobre las

comunidades vegetales (0.29) y moderadas sobre las poblaciones de la fauna silvestre (0.33), al mejorar el hábitat, debido a que la superficie a desmontar y afectar por las distintas actividades del proyecto, pueden ser compensados mediante el aprovechamiento de materiales vegetativos y germoplasma que puede ser utilizado y reproducir bajo condiciones controladas en viveros instalados y administrados por la SCT a través de la Empresa Constructora, con lo cual se produciría la planta suficiente para las distintas acciones de recuperación, compensación y revegetación de predios utilizados por el proyecto a lo largo del derecho de vía, sitios aledaños, así como de manera coordinada atender el deterioro de los bancos de materiales. De manera directa, el mejoramiento de las condiciones de la vegetación producirá un efecto benéfico en las comunidades faunísticas, al suministrar sitios de descanso, refugio, anidación y alimentación, promoviendo el restablecimiento de las redes tróficas y, por ende, la dinámica poblacional de las diferentes comunidades. En este sentido el impacto residual será moderado y prácticamente se puede mencionar que el impacto sobre la fauna quedara restringido a los atropellamientos y muerte de organismos a lo largo del libramiento, ya que fuera de esta zona, las poblaciones faunísticas quedarán prácticamente inalteradas. La actividad de incorporación de los terraplenes a lo largo de la trayectoria produce una alteración de la hidrología superficial con una valoración de un impacto alto (0.57) y con la medida de mitigación se contempla se moviliza hacia la categoría de un impacto residual moderado (0.31), donde se considera que los drenajes y subdrenajes que modifican temporalmente y a lo largo de la etapa constructiva, la dinámica de los cauces hidrológicos de carácter intermitente, atenderán esta afectación de la hidrología superficial y que durante las etapas de operación y mantenimiento, restituyen prácticamente la dinámica hidrológica original, cuya ocurrencia sucederá a corto plazo y asociada a la marcada temporada de lluvias que se presenta en el SAR, la cual tiene un efecto y condiciones muy graves, las cuales tienen un severo deterioro. El impacto ambiental producido por el despalme se considera como alto (0.53), debido a la perdida de horizontes edáficos, muchos de ellos muy someros, en toda la superficie ocupada por el libramiento donde desaparecen las propiedades y potencialidades del suelo, de manera irreversible y de forma permanente, con una moderada magnitud e importancia. Como medida de mitigación y de llevar a cabo la estrategia de almacenar el suelo en un sitio ex profeso, permitirá su futuro aprovechamiento en la conformación de un sustrato orgánico que pueda ser utilizado para la integración de vegetación en otras áreas que necesiten ser rehabilitadas ecológicamente, para la recuperación ecológica de los bancos de materiales, lo cual producirá un impacto residual moderado (0.30). Cabe mencionar que el suelo *per se* no podrá recuperar sus características originales, y por ello la asignación de una categoría de impacto residual moderado. Durante la operación y con la presencia permanente de un tráfico vehicular, se produce una afectación permanente a las poblaciones de la fauna silvestre, principalmente sobre aquellas especies de lento desplazamiento, la ponderación del impacto es Alto (0.50), donde las medidas de mitigación como es el mantenimiento de los drenajes y subdrenajes, así como la introducción de organismos arbóreos y arbustivos a lo largo del derecho de vía y en distintos sitios del SAR, desciende el valor a 0.33, y queda incluido dentro de la categoría de impacto residual moderado, debido a que las acciones realizadas tienen un carácter primario en los efectos de la operación y la restitución de la vegetación y de manera indirecta sobre la fauna. En relación a la calidad del aire, afectada por la generación de gases de combustión, aeropartículas y ruidos, generan un impacto ambiental bajo (0.24) los cuales al aplicar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo sobre la maquinaria, equipo pesado y vehículos utilizados, incidirán de manera positiva en la disminución tanto en la cantidad como en la composición de este tipo de emisiones, alcanzado un valor de (0.13) considerado dentro de la categoría de impacto residual bajo; durante la operación y de acuerdo a la dinámica climatológica de los vientos estos efectos son incipientes, lo cual permite predecir el restablecimiento total de la calidad del aire, por lo cual el impacto residual es prácticamente nulo.

En conclusión, los impactos residuales considerados como altos corresponden a aquellas actividades que modifican de forma permanente e irreversible la geomorfología del área proyectada, en este caso los cortes, que son esenciales para el desarrollo; por otra parte, tanto el tráfico permanente de los vehículos durante la operación, el desmonte de la vegetación, la conformación de Terraplenes y el despalme del suelo, son las actividades responsables de los impactos residuales moderados, de donde las medidas de mitigación señaladas atienden los efectos negativos sobre el entorno, y por lo tanto se tornan imprescindibles en su realización e integración a las

actividades constructivas. La siguiente tabla muestra el mejoramiento con la integración de las medidas de mitigación, en porcentaje, del impacto generado por las siete actividades del proyecto analizadas previamente, donde se concluye que los principales factores ambientales atendidos son la calidad del agua de las corrientes intermitentes, destacando las planicies deterioradas y la calidad del aire; le siguen el mejoramiento y mitigación de las afectaciones a los factores ambientales de las poblaciones de la fauna silvestre, la disminución de la cobertura vegetal, la alteración temporal de la hidrología de toda la trayectoria, así como la remoción y reubicación de los horizontes superficiales del suelo; gracias a los efectos sinérgicos asociados a la integración de vegetación en diferentes sitios del SAR y la incorporación de los drenajes y subdrenajes. Por último, la modificación permanente de la geomorfología y la alteración de los atributos asociados, como vegetación suelo, hidrología, hábitat y paisaje, es un impacto que difícilmente puede ser atendido, por lo cual tiene el menor porcentaje de mejoramiento mediante las medidas de mitigación y su impacto residual es alto, como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla VII. 24. Análisis de los Impactos directos y residuales del Proyecto.

Factor ambiental	Actividad del proyecto	Jerarquía del impacto directo	% del Impacto residual	Mejoramiento con medida de mitigación	Jerarquía del impacto residual
Geomorfología	Cortes de lomeríos	Muy Alto	88.9	11.1	Alto
Poblaciones de la fauna	Trafico permanente	Alto	66.7	33.3	Moderado
Cobertura vegetal	Desmonte de vegetación	Alto	55.6	44.4	Moderado
Alteración de la hidrología	Terraplenes	Alto	55.6	44.4	Moderado
Horizontes superficiales	Despalme	Alto	55.6	44.4	Moderado
Calidad del aire	Combustión interna	Bajo	55.6	44.4	Bajo

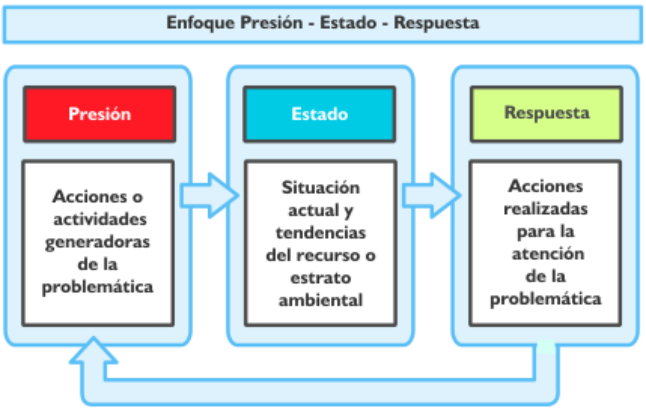
Fuente: PIMEX, 2022.

VII.4. Pronostico Ambiental.

Un ecosistema es un sistema biológico formado por dos elementos indisociables, el biotopo (conjunto de componentes abióticos por ejemplo clima, geología, geomorfología, hidrología superficial y subterránea, edafología, corrientes, etc.) y la biocenosis (conjunto de componentes bióticos: vegetación y fauna) que interactúan entre sí, constituyendo una unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente terrestre existente en un espacio y tiempo determinados. Las funciones de un ecosistema se refieren al flujo de energía y al ciclo de materiales que circulan a través de los componentes estructurales del ecosistema (biotopo y biocenosis) y poseen una interdependencia natural. Su integridad funcional depende de la conservación de las complejas y dinámicas relaciones entre sus componentes. La capacidad de carga de un ecosistema es el límite o nivel umbral que tiene para soportar el desarrollo de una o varias actividades (uso del espacio o aprovechamiento de recursos) y garantizar la integridad funcional de un ecosistema. La valoración de la calidad ambiental se llevará a cabo a través de indicadores ambientales. Un indicador ambiental es un elemento que describe, analiza y presenta información científicamente sustentada sobre las condiciones y tendencias ambientales y su significado (Florida Center for Public Management, 1998 en SEMARNAT, 2005). Se adoptó el esquema de Presión-Estado-Respuesta (PER) el cual está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (estado); asimismo, se responde a estos cambios a través de acciones específicas. Este modelo fue propuesto por la OCDE en 1993 y parte de cuestionamientos simples: ¿Qué está afectando al ambiente?, ¿Qué está pasando con el estado del ambiente?, ¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas? Se realizó una adaptación de este esquema para dar a la autoridad, los elementos necesarios, para mostrar un panorama claro de las relaciones causa-efecto del proyecto. El esquema PER es una herramienta analítica que categoriza o clasifica la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades sociodemográficas y económicas. Se basa en el

conjunto de interrelaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado de los recursos naturales; la sociedad responde a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales (ambientales y socioeconómicas), las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas. Aplicando este esquema, se tiene que las actividades del proyecto ejercen presión (P) sobre los componentes ambientales del Área de Estudio generando un impacto sobre cada uno de ellos, es decir el estado y se responde a estos impactos a través de la aplicación de las medidas de mitigación, restauración y compensación. En el sitio de estudio, las afectaciones a los componentes que conforman el sistema abiótico serán en su mayoría puntuales y/o locales, y en algunos casos temporales e intermitentes, tanto en el sistema abiótico (calidad del aire, suelo, geología, geomorfología, hidrología superficial) como en el sistema biótico (vegetación y fauna). A continuación, se describe el escenario actual, las actividades del proyecto que tienen un impacto sobre el componente ambiental y el escenario modificado por el proyecto sin la aplicación de las medidas de mitigación y por último el escenario esperado con la aplicación de las medidas de mitigación propuestas:

Imagen VII. 16. Esquema PER – Indicadores de Calidad Ambiental.



Fuente: Indicadores de desempeño ambiental. SEMARNAT.2005.

El desarrollo de las actividades productivas en la región eventualmente ejerce presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas. El proyecto implica una modificación del paisaje y de la geomorfología al introducir en el ambiente elementos que contrastan con el entorno natural; cabe señalar que dicho contraste es sólo parcial, pues ya existen otros elementos de la infraestructura regional de características similares, reflejados en la carretera ya existente en el sitio del Proyecto. No obstante, se prevé que las condiciones generales del sitio (actualmente con un grado importante de perturbación) y de las áreas circundantes mejoren en cuanto a sus características y en la función ambiental que desempeñan mediante la aplicación de las medidas de mitigación consideradas, lo que representará un impacto de alcance que va más allá del ámbito local. El Proyecto tendrá un impacto en contribuir al desarrollo de los sectores económicos y del componente sociocultural, sin dejar a un lado la importancia del proyecto que radica en la seguridad de los usuarios. El proyecto considera la aplicación de las medidas de mitigación respectivas para contrarrestar el efecto de los impactos ambientales adversos que serán generados.

VII.5. Evaluación de alternativas.

El proyecto corresponde a una propuesta de solución a la seguridad vial que se vive y que afecta a las poblaciones de los municipios cercanos, así como las actividades productivas, donde se debe mencionar que su concepción está fundamentada como la mejor alternativa, dado que se evaluaron otras posibilidades de este proyecto en el estudio de prefactibilidad. A partir de la aplicación de las diferentes técnicas de evaluación de impactos ambientales, para pronosticar los escenarios futuros y que sus afectaciones negativas las cuales estarán sobre las comunidades vegetales, geomorfología y suelo, mientras que las afectaciones positivas estarán en la Seguridad vial, Sociedad y Economía, principalmente. En este sentido destaca que esta propuesta genera un significativo alivio y una respuesta importante a los niveles de accidentabilidad en ese sitio, otorgando mejor condición de desplazamiento y seguridad a los vehículos de pasajeros, de carga y particular que utilizan la vialidad, ya que permitirá que la movilidad pueda ser más segura, a fin de contener los efectos negativos de la accidentabilidad que se vive en esta vialidad. Cabe destacar que la posibilidad de que las poblaciones de las localidades rurales y las localidades urbanas cercanas tendrán un efecto significativo en la seguridad vial, ya que la problemática actual presenta importante cantidad de accidentes vehiculares, por el constante tráfico de la población asentada en estos importantes núcleos poblacionales. El proyecto tiene el objetivo primordial de atender una grave problemática que tienen los principales niveles de movilidad y accidentabilidad en esta región del Estado de México, con la encomienda de no provocar afectaciones a los pobladores cercanos al área del proyecto y sus recursos naturales, que puedan repercutir en incrementos de los costos ambientales, sociales y económicos. En conclusión, después de la modelación de dos escenarios "sin Proyecto" y "con Proyecto", aunado a la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación, se concluye que la presente propuesta diseñada y evaluada, se convierte en la mejor alternativa ambiental, social y económica.

VII.6. Conclusiones.

Las actividades relacionadas con la preparación, construcción, operación y mantenimiento del Proyecto tienen efectos negativos relevantes en la geomorfología, vegetación, suelos, fauna e hidrología. Las conclusiones de las principales afectaciones se indican a continuación:

1. La realización de los cortes en los lomeríos, provocaran modificaciones permanentes e irreversibles del relieve y del paisaje, sin la posibilidad de integrar una medida de mitigación que pueda revertir o atenuar este deterioro. En la mayoría de las laderas existen condiciones de deterioro provocados por las áreas dispuestas para la ganadería y uso agrícola, que han provocado la pérdida de la estructura y composición de la vegetación, erosión y el cambio de uso del suelo, así como la fragmentación del SAR por diferentes caminos de terracería. Sin embargo, se acentúa el impacto ambiental de los cortes en los lomeríos bajos, donde la vegetación presenta buenas condiciones ambientales y el desarrollo de los procesos ecosistémicos se desarrolla con bajos niveles de deterioro.
2. Las actividades proyectadas de nivelación, excavación, compactación y conformación de los terraplenes que recibirán la carpeta asfáltica, representan efectos permanentes e irreversibles; donde las corrientes hidrológicas temporales tendrán modificaciones en su dinámica, estas se preverán realizando un sistema de drenaje que tenga la operación suficiente.
3. Todos los materiales geológicos y edáficos derivados de los cortes, despalme, nivelación, excavación y conformación de los terraplenes, tiene posibilidades de ser reutilizados, ya sea como material para nivelación y base de los terraplenes, o rellenos, inclusive para ser utilizados como material de cubierta o como material para rehabilitar los terrenos donde se realice la explotación de los bancos de préstamo, o recuperar ambientalmente sitios con degradación evidente a lo largo del derecho de vía.
4. La fauna tiene una alta vulnerabilidad a la presencia humana, siendo más acentuada las especies de lento desplazamiento, las cuales son eliminadas de su hábitat con mucha facilidad; es este aspecto la

capacitación ambiental a los trabajadores y a la población local, en coordinación con las autoridades municipales, permitirá acercarlos al conocimiento de este recurso, su comportamiento, importancia y estrategias para la conservación. Asimismo se debe integrar una brigada de reconocimiento de madrigueras, nidos y organismos, que deben realizar una inspección previa al inicio de los trabajos durante todo el tiempo de la preparación y construcción del proyecto, para rescatar organismos, nidos y madrigueras y reubicarlos en zonas de mayor conservación ubicadas en la cercanía del trazo del proyecto y en las zonas de mejor conservación del SAR, o incluso informar a la Delegación Estatal de la SEMARNAT y que la Autoridad sea el responsable de su cautiverio y reubicación final.

5. En relación con la hidrología, es importante establecer los sitios para la ubicación y dimensionamiento de los drenajes y subdrenajes del proyecto.
6. La integración del proyecto modificará el paisaje de manera permanente e irreversible en el SAR, sobre un paisaje regional modificado por las zonas agropecuarias, vías de comunicación y las zonas rurales, donde existe una moderada capacidad de acogida de los diferentes paisajes; es necesario mencionar que solo las partes altas con bosque tiene una baja capacidad de acogida; por el contrario, destacan los elementos benéficos de accesibilidad e intercomunicación de las poblaciones de Enthavi y Jiquipilco representado una opción de desarrollo económico, ecoturístico y social para la región y una oportunidad de empleo temporal para los habitantes locales, reduciendo tiempos de traslado, congestionamiento vehicular en la zona, riesgos de accidentes y colisiones, ahorro de combustible y desgaste vehicular.
7. Es importante mencionar que la mayoría de los impactos ambientales identificados, están considerados dentro del conjunto de medidas de minimización, mitigación y compensación establecidas, lo cual permite predecir que prácticamente todos serán atendidos y se atenuarán sus efectos negativos en diferentes intensidades y efectividad.

El proyecto, tiene una moderada factibilidad ambiental, resaltando que los principales efectos nocivos se presentarán en la geomorfología, suelos y vegetación, por lo que con la incorporación de las medidas de mitigación se atenderán los factores ambientales que han de ser modificados por las distintas actividades del proyecto, lo cual incrementa su factibilidad y permite armonizar el desarrollo regional con la protección de los recursos naturales existentes dentro del SAR.

CAPÍTULO VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 2

VIII.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN, PLANOS DE LOCALIZACIÓN, FOTOGRAFÍAS Y VIDEOS. ... 2

VIII.1.1. Planos definitivos. 2
VIII.1.2. Fotografías. 2
VIII.1.3 Videos. 2
VIII.1.4 Listas de Flora y Fauna. 2

VIII.2. OTROS ANEXOS 2

Glosario de términos. 3

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

VIII.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN, PLANOS DE LOCALIZACIÓN, FOTOGRAFÍAS Y VIDEOS.

De acuerdo al artículo Número 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregó cuatro ejemplares de la Manifestación de Impacto Ambiental, de los cuales uno será utilizado para consulta pública (se entregará un ejemplar impreso y tres discos magnéticos). Así mismo se integró un Resumen de la Manifestación de Impacto Ambiental no excediendo las 10 cuartillas solicitadas.

VIII.1.1. Planos definitivos.

Se entrega la cartografía desarrollada para el proyecto, los cuales contienen: el título; los nombres y firmas de quien los elaboró, la fecha de elaboración; la nomenclatura y simbología explicadas; coordenadas geográficas, la escala gráfica y numérica y la orientación. A una escala que permite apreciar los detalles del proyecto.

VIII.1.2. Fotografías.

En los anexos se presentan las fotografías solicitadas.

VIII.1.3 Videos.

Para el presente proyecto no se incluye ningún tipo de video.

VIII.1.4 Listas de Flora y Fauna.

En los anexos se muestran los catálogos de flora y fauna

VIII.2. OTROS ANEXOS

- Formatos de flora y fauna del proyecto
- Catálogos de flora y fauna del proyecto
- Kml del eje del proyecto, con ancho de corona y línea de ceros

Glosario de términos.

- **Área agropecuaria:** Terreno que se utiliza para la producción agrícola o la cría de ganado, el cual ha perdido la vegetación original por las propias actividades antropogénicas.
- **Área industrial, de equipamiento urbano o de servicios:** Terreno urbano o aledaño a un área urbana, donde se asientan un conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas.
- **Área de maniobras:** Área que se utiliza para el prearmado, montaje y vestidura de estructuras de soporte cuyas dimensiones están en función del tipo de estructura a utilizar.
- **Área rural:** Zona con núcleos de población frecuentemente dispersos menores a 5,000 habitantes. Generalmente, en estas áreas predominan las actividades agropecuarias.
- **Área urbana:** Zona caracterizada por presentar asentamientos humanos concentrados de más de 15,000 habitantes. En estas áreas se asientan la administración pública, el comercio organizado y la industria y presenta alguno de los siguientes servicios: drenaje, energía eléctrica y red de agua potable.
- Beneficioso o perjudicial: Positivo o negativo.
- **Biodiversidad:** Es 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.
- **Cambio de uso de suelo:** Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación.
- **Componentes ambientales críticos:** Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.
- **Componentes ambientales relevantes:** Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.
- **Daño ambiental:** Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.
- **Daño a los ecosistemas:** Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.
- **Daño grave al ecosistema:** Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema.
- **Desequilibrio ecológico grave:** Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.
- **Duración:** El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.
- **Especies de difícil regeneración:** Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.
- **Impacto ambiental:** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.
- **Impacto ambiental acumulativo:** El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- **Impacto ambiental residual:** El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- **Impacto ambiental significativo o relevante:** Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

- **Impacto ambiental sinérgico:** Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
- **Importancia:** Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.
b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.
c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.
d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.
e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

- **Irreversible:** Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.
- **Magnitud:** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.
- **Medidas de compensación:** Conjunto de acciones que tienen como fin el compensar el deterioro ambiental ocasionado por los impactos ambientales asociados a un proyecto, ayudando así a restablecer las condiciones ambientales que existían antes de la realización de las actividades del proyecto.
- **Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.
- **Medidas de mitigación:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.
- **Naturaleza del impacto:** Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.
- **Reversibilidad:** Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.
- **Sistema ambiental:** Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.
- **Urgencia de aplicación de medidas de mitigación:** Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.
- **Vegetación natural:** Conjunto de elementos arbóreos, arbustivos y herbáceos presentes en el área por afectar por las obras de infraestructura eléctrica y sus asociadas.