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

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

I.1 Datos Generales del Proyecto....2
I.1.1 Nombre del proyecto....2
I.1.2 Ubicación del proyecto....2
I.1.3 Duración del proyecto....3
I.2 Datos Generales del Promovente....3
I.2.1 Nombre o razón social....3
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes....3
I.2.3 Nombre y Cargo del Representante Legal....4
I.2.4 Dirección del Promovente o representante legal....4
I.3 Datos del responsable del Estudio de Impacto Ambiental....4
I.3.1 Nombre o razón social....4
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes....4
I.3.3 Nombre del responsable de la elaboración del estudio....4
I.3.4 Dirección de la empresa....4
I.3.5 Colaboradores en el estudio....4

CAPITULO 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

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO.

I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en el municipio de Temascaltepec que se encuentra ubicado al sur del Estado de México. Se sitúa entre los paralelos 18°59´ y 19°14´ de latitud norte; los meridianos 99°49´ y 100°14´ de longitud oeste; altitud entre 1 100 y 3 800 metros. Tiene una extensión territorial de 568.3 kilómetros cuadrados, que representa el 2.5% del territorio estatal (Ayuntamiento de Temascaltepec, 2024).

Colinda al norte con los municipios de Valle de Bravo, Amanalco y Zinacantepec; al este con los municipios de Zinacantepec y Coatepec Harinas; al sur con los municipios de Coatepec Harinas, Texcaltitlán, San Simón de Guerrero y Tejupilco; al oeste con el municipio de Zacazonapan y Valle de Bravo (INEGI, 2010).

La cabecera municipal es Temascaltepec de González y pertenece a la Región XIX Valle de Bravo.

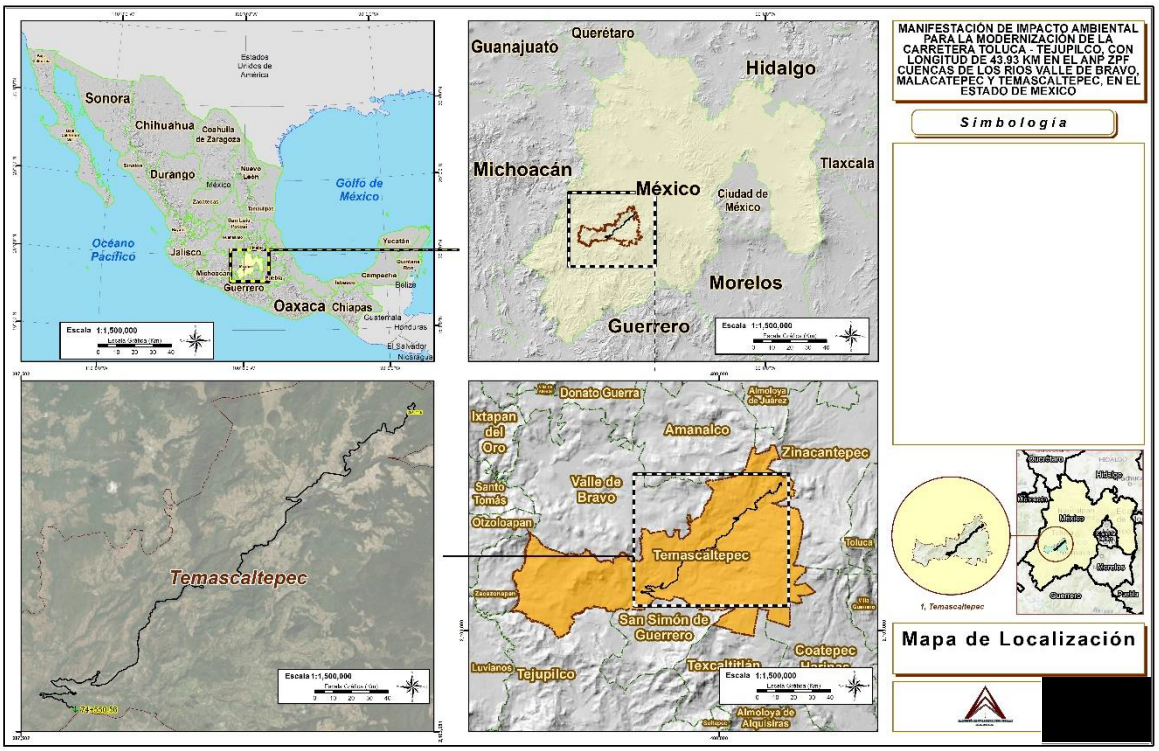


Figura 1. Localización del área del proyecto.

I.1.3 Duración del proyecto

La modernización de la carretera será llevada a cabo en un periodo de 3 años, es decir, 18 bimestres. Las actividades quedarán constituidas en tres etapas: Preparación del sitio, construcción, y desmantelamiento y abandono de instalaciones.

Una vez llevada a cabo la modernización comenzará la etapa de operación y mantenimiento que equivaldrá a una vida útil de 25 años.

I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1 Nombre o razón social

Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

SCT051121BDA

I.2.3 Nombre y Cargo del Representante Legal

Mtra. Martha Vélez Xaxalpa

Directora General Adjunta de Proyectos

I.2.4 Dirección del Promovente o representante legal

Insurgentes Sur no. 1089, piso 14. ala Oriente, Colonia Nochebuena, Alcaldía Benito Juárez. Ciudad de México. C.P. 03720.

I.3 DATOS DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.3.1 Nombre o razón social

INGENIERIA EN INFRAESTRUCTURA FORTUNE S.A. de C.V.

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes

IIF200710E97

I.3.3 Nombre del responsable de la elaboración del estudio

Lic. Gilberto Meneses Luna

I.3.4 Dirección de la empresa

[redacted]

I.3.5 Colaboradores en el estudio

[redacted]

CAPÍTULO 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 2

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 3

II.1.2 JUSTIFICACIÓN 3

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO 6

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 29

II.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 29

II.2.1 OBRAS ASOCIADAS 34

II.2.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS HIDRÁULICAS 40

II.3 PROGRAMA DE TRABAJO 55

II.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO 57

II.4.1 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN 57

II.4.2 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES 70

II.4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 71

II.5 RESIDUOS 72

II.5.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) 72

II.5.2 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME) 74

II.5.3 RESIDUOS PELIGROSOS (RP) 77

II.6 GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 78

II.6.1 IDENTIFICAR POR ETAPAS DEL PROYECTO, EN SU CASO LAS FUENTES GENERADORAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 78

II.2.6.2 DETERMINACIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO QUE SE GENERARAN DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO, COMO SEA EL CASO DE VAPOR DE AGUA, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, ENTRE OTROS 80

Referencias 82

CAPITULO 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

En la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, se describen las obras, características y tiempos de ejecución del proyecto de **Modernización de la carretera Toluca – Tejupilco, con una longitud de 43.93 Km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México,** precisando sus objetivos, alcances, requerimientos físicos y características constructivas.

El proyecto se encuentra localizado en el Municipio de Temascaltepec que forma parte del Estado de México; corresponde a un subtramo de Toluca – Tejupilco que va **del cadenamiento 29+311.6 (coordenadas UTM X=409123.1185 y Y=2121180.408) al cadenamiento 74+550.56 (coordenadas UTM X=390486.4837 y Y=2104884.285)** y que, a escala mayor, forma parte del tramo Toluca – Ciudad Altamirano.

Consistirá en la modernización de una carretera tipo C que actualmente tiene un ancho de corona de 7 metros y se propone una **carretera tipo A2** que alojará 2 carriles más dos acotamientos, con un ancho de corona total de 13 metros.

A lo largo de **43.93 kilómetros**, se realizarán alineaciones verticales y horizontales y se disminuirá el grado de pendiente y curvaturas, por lo que será necesario realizar ampliaciones a ambos lados del camino. La afectación total se acotará a la **línea de ceros que será de 126.2005 hectáreas**, las cuales, están cubiertas por usos de suelo de tipo forestal: bosque de pino encino en 26.6017 hectáreas, bosque de pino-encino en 49.7470 hectáreas, así como suelos no forestales ocupados por la carretera existente que ocupa un área total de 31.7175 hectáreas, corrientes de agua que ocupan 0.1479 hectáreas y áreas sin vegetación que se distribuyen en 17.9864 hectáreas.

De acuerdo con lo anterior, para el proyecto será necesaria una superficie total de 126.2005 hectáreas, de las cuales, será necesario tramitar la **Autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales de 76.3487 hectáreas**.

Dentro del tramo sujeto a modernización, se llevará a cabo la modernización de **10 entronques** a nivel, las obras consistirán en alineaciones de ejes y curvas, así como ampliaciones de acuerdo con las secciones del camino y rasante del proyecto.

Asimismo, se contempla la **modernización con 190 obras hidráulicas**, de las cuales, son 143 reemplazadas, 2 ampliaciones, 41 obras hidráulicas nuevas y 4 que se mantendrán en las mismas condiciones.

En cuanto a sus características, serán colocados 188 obras menores: 167 tubos de concreto, 12 losas de concreto, 3 cajones de concreto y 6 bóvedas; así como dos obras mayores: 1 puente que será ampliado y un tubo especial de 6.71 metros de diámetro.

La información resumida con anterioridad es detallada en los siguientes apartados, constituye el fundamento técnico para comprender la dinámica de las obras y actividades que serán evaluadas en los capítulos subsecuentes.

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

La infraestructura carretera en México enfrenta desafíos significativos en términos de su conservación, ampliación y modernización, lo que obstaculiza la movilidad eficiente, segura y sostenible de personas y mercancías. El deterioro físico de la Red Carretera Federal, la falta de medidas adecuadas de seguridad vial y la limitada conectividad entre regiones, dificultan la integración territorial y el desarrollo equitativo del país (Comunicaciones, 2025).

Para abordar el problema público identificado como de atención prioritaria, se establece el Objetivo 1. "Mejorar la conectividad y accesibilidad territorial mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera con criterios de inclusión social, sostenibilidad y eficiencia para garantizar la movilidad de personas y mercancías" (*idem*).

Para ello, a través del Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (PSICyT) 2025-2030 se contemplan iniciativas para una "República próspera y mejor conectada", priorizando aquellos proyectos con alto impacto social y respetando los derechos de las comunidades involucradas. Entre las iniciativas de este programa se contempla iniciar la construcción y modernización de carreteras y caminos en 10 ejes, que, por su relevancia, se consideran prioritarios toda vez que comunicarán corredores troncales, mejorarán la conectividad e impulsarán el desarrollo social y económico de la región, en cumplimiento al compromiso 83. Construcción y ampliación de caminos y puentes (DOF, 2025).

Una de las iniciativas es la construcción y modernización del Eje Toluca – Zihuatanejo, que irá desde el Estado de México, al Estado de Guerrero. Como una de las etapas de este eje se contempla la construcción del Tramo Toluca – Ciudad Altamirano y a la vez, de este se desprende el subtramo Toluca -Tejupilco, particularmente, en la presente "**Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la carretera Toluca – Tejupilco, con una longitud de 43.93 Km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México"**, se somete a Autorización el subtramo comprendido entre los kilómetros 29+311.6 al 74+550.56.

Cabe señalar, que previo a este documento, ya se obtuvo la Autorización del tramo antecesor mediante la "*Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la Carretera Toluca – Tejupilco con una longitud de 13.114 Km en el ANP Nevado de Toluca en el Estado de México*".

II.1.2 JUSTIFICACIÓN

En la zona Sur del Estado de México se ubican 82 caminos que suman una longitud total de 1,637.8 kilómetros, cuyo mantenimiento se acomete en la actualidad desde las residencias de Tejupilco, Ixtapan y Toluca. Desde el año 2018, el Gobierno del Estado de México desarrolló el proyecto APP: "Rehabilitación y conservación de una red carretera libre de peaje con una longitud de 1,637.8 Km con residencia en Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Toluca" (Gobierno de México, 2018).; mediante el cual se detectó que la red de caminos del estado presenta deficiencias en su estado de conservación, ya que la infraestructura tiene una antigüedad superior a 30 años, por lo que se requieren trabajos mayores para restituir, mantener y conservar la capacidad estructural del pavimento y responder a los volúmenes de tránsito, cargas y dimensiones de los vehículos que transitan la vía.

Por otro lado, la zona sur del Estado de México presenta un mayor atraso económico, constituyendo la región menos desarrollada del Estado y la que concentra los índices de pobreza más altos, por lo que se requieren programas públicos tendentes a generar un mayor desarrollo de la región.

Derivado de lo antes señalado, se planteó la focalización de esfuerzos para la mejora de la red libre en la zona sur del Estado, con el objeto de inducir mejoras en las condiciones socioeconómicas de la zona, apoyándose en una infraestructura de mayor calidad, que permita la reducción del desequilibrio económico con el resto del Estado.

De esta manera, la red objeto de intervención que se propuso, está compuesta por 82 caminos que suman en total 1,637.8 Km correspondientes a Toluca, Ixtapan y Tejupilco. De estos caminos, entre los "Corredores principales" se detectó el tramo Toluca-Cd. Altamirano, al cual pertenece el subtramo de la carretera Toluca – Tejupilco con una longitud de 43.93 kilómetros, comprendidos entre los kilómetros 29+311.6 al 74+550.56.

Dentro de dicho proyecto, se desarrolló un estudio preliminar de viabilidad ambiental, en el cual, se evaluó el contexto ambiental de los caminos objeto de estudio, es decir, se identificaron los tramos que inciden en una o más Áreas Naturales Protegidas de competencia Federal y Estatal, así como los Ordenamientos Ecológicos del Territorio (Gobierno del Estado de México, 2019) y se identificó que en su mayoría presentan vegetación secundaria arbustiva.

> -Es importante recalcar, que este análisis fue preliminar al desarrollo y diseño del proyecto, por lo que la identificación precisa respecto a estas áreas, así como los instrumentos de Ordenamiento Territorial se presentan más adelante dentro de esta misma Manifestación de Impacto Ambiental. –

Como resultado de este estudio, se realizó la identificación de trámites a presentar ante la autoridad ambiental, en caso de requerir superficies adicionales a las ya existentes.

De esta manera, se detectó y justificó la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, en cumplimiento a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece lo siguiente:

> ***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 de suelo en áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.
>
> ***XI.***- Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;

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.

Así pues, debido a que se realizará la modernización del subtramo Toluca -Tejupilco, en la presente "Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la carretera Toluca – Tejupilco, con una longitud de 43.93 Km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México", se somete a Autorización el subtramo comprendido entre los kilómetros 29+311.6 al 74+550.56.

Cabe señalar, que, debido a la cercanía del proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas y el contexto con el Ordenamiento Ecológico del Territorio, cuyos instrumentos establecen restricciones; mediante la presente Manifestación de Impacto Ambiental se señala que en el subtramo sujeto a modernización se tendrán las siguientes restricciones:

- No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.
- Cortar o marcar árboles sin previa autorización por parte de la autoridad competente.
- Abrir o explotar bancos de material y extraer materiales para construcción como arena, grava, tepojal, entre otros.
- Apertura de nuevas brechas o caminos.
- Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos, líquidos u otro tipo de sustancias contaminantes en el suelo, subsuelo, cauces, vaso, acuífero.
- Construcción de obras o infraestructura, pública o privada sin la autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental.
- Cambio de uso de suelo no controlado.
- Se prohíbe la ubicación de confinamientos de residuos sólidos (municipales, industriales y peligrosos) en las Áreas Naturales Protegidas.

Asimismo, se asumen los siguientes compromisos:

- La obtención de la(s) autorización(es) que se requieran en materia de Impacto Ambiental o Forestal, de acuerdo con las necesidades del proyecto.
- Supervisar y dar seguimiento a la ejecución del proyecto; es decir, vigilar que la(s) Desarrolladora(s) cumpla cabalmente con las disposiciones a la legislación ambiental, sus reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos legales aplicables a este, sin perjuicio de lo establecido por otras instancias (federales, estatales y locales) competentes al caso.
- Atender a la autoridad ambiental en la instancia que aplique (visita técnica, inspección, etc.).

II.1.2.1 OBJETIVOS

Objetivo general

Modernización de 43.93 kilómetros de una carretera tipo C que pasará a ser una carretera tipo A2, siguiendo las medidas de mitigación derivadas de la presente Manifestación de Impacto

Ambiental para garantizar que no se cause desequilibrio ecológico y no se rebasen los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas.

Objetivos específicos

- Mejorar la conectividad entre los municipios de Toluca y Tejupilco y a nivel regional entre los Estados de México y Guerrero.
- Impulsar el desarrollo regional a nivel económico y social.
- Disminuir tiempos de traslado.
- Promover una vía de comunicación más segura a través de la mejora de las características geométricas de la carretera.
- Mejorar el drenaje natural que atraviesa la carretera existente, a través de la modernización de obras hidráulicas.
- Mantener el equilibrio ecológico del ambiente, a través de la ejecución de medidas de mitigación propuestas en el presente documento.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

II.1.3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Temascaltepec que se encuentra ubicado al sur del Estado de México. Se sitúa entre los paralelos 18°59´ y 19°14´ de latitud norte; los meridianos 99°49´ y 100°14´ de longitud oeste; altitud entre 1 100 y 3 800 metros. Tiene una extensión territorial de 568.3 kilómetros cuadrados, que representa el 2.5% del territorio estatal (Ayuntamiento de Temascaltepec, 2024).

Colinda al norte con los municipios de Valle de Bravo, Amanalco y Zinacantepec; al este con los municipios de Zinacantepec y Coatepec Harinas; al sur con los municipios de Coatepec Harinas, Texcaltitlán, San Simón de Guerrero y Tejupilco; al oeste con el municipio de Zacazonapan y Valle de Bravo (INEGI, 2010).

La cabecera municipal es Temascaltepec de González y pertenece a la Región XIX Valle de Bravo.

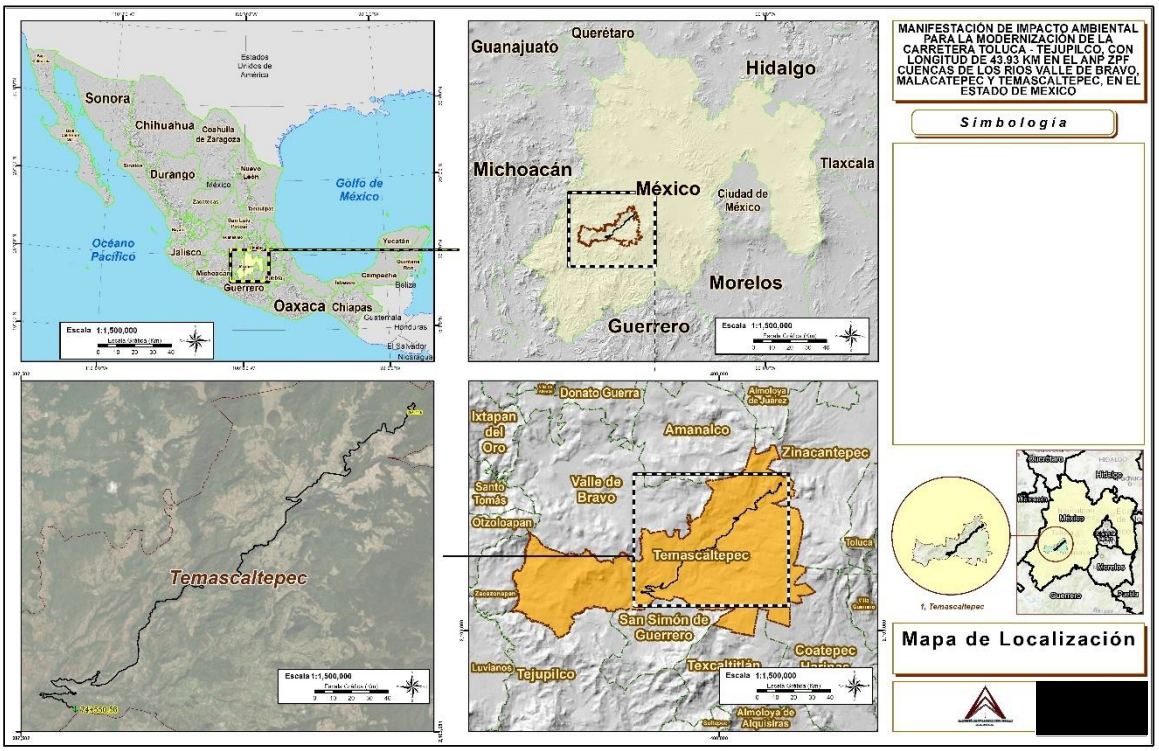


Figura 1. Representación gráfica regional del proyecto

II.1.3.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL

A lo largo del proyecto, en las zonas cercanas, se encuentran varias localidades, entre las más representativas se encuentran San Francisco Oxtotlipan en el Km 36+000, San Mateo Almomoloa en el Km 41+000, Potrero de San José en el Km 45+000, San Sebastián Carboneras en el Km 60+000 y la cabecera municipal Temascaltepec de González en el km 68+000 (ver Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 1. Localidades cercanas al proyecto

Municipio	Localidad	Km	Porcentaje
Temascaltepec	La Peñuela	29+311.6	100%
	Mesón Viejo	34+300	
	San Francisco Oxtotilpan	35+400	
	San Miguel Oxtotilpan	39+000	
	San Mateo Almomoloa	41+100	
	Potrero de San José	44+600	
	Santanas	45+700	
	San Antonio Albarranes	46+000	
	Cieneguillas de González	50+000	
	Jesús del Monte	53+000	
	Las Mesas de Real de Arriba	59+000	
	San Sebastián Carboneras	59+900	
	Carnicería	61+500	

Municipio	Localidad	Km	Porcentaje
	San José	62+000	
	Temascaltepec de González	68+000	
	Barrio La Magdalena	68+500	
	Estancia Vieja	73+230.6	
	Mina de Agua	73+230.6	

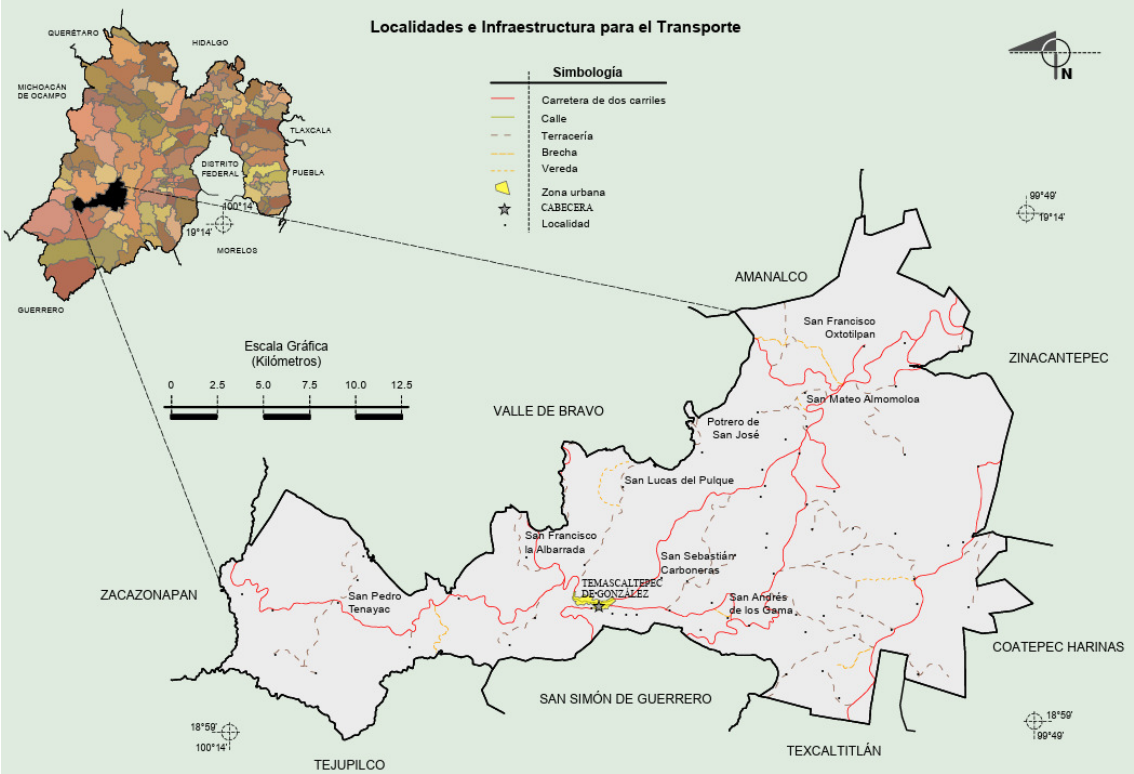


Figura 2. Representación local del proyecto

A continuación, se presentan algunas imágenes panorámicas, donde se pueden observar las condiciones de vida de las localidades que se verán beneficiadas con las mejoras de la vía de comunicación. Principalmente se trata de comunidades rurales de escasos recursos con viviendas que cuentan con servicios básicos.



Figura 3. Vista panorámica al Localidad Mesón Viejo (Km 34)



Figura 4. Vista panorámica de las Localidades de Santanas y San Antonio Albarranes



Figura 5. Vista panorámica de la Localidad de La Comunidad (ubicación de los entronques La Comunidad I y II)

El proyecto inicia en el cadenamiento 29+311.6 que se ubica en las coordenadas UTM X=409123.1185 y Y=2121180.408; culminará en el cadenamiento 74+550.56 que se localiza en las coordenadas UTM X=390486.4837 y Y=2104884.285. Cabe señalar que debido a actualizaciones en el diseño del proyecto en el Km 68+691.57 se encuentra una igualdad, por lo que equivale al Km 70+000 a partir del que parte consecutivamente.

Tabla 2. Coordenadas del eje del proyecto

Cadenamiento	X	Y
29+311.6	409123.1185	2121180.408
29+400	409102.8666	2121266.123
29+500	409055.3275	2121353.978
29+600	409072.9965	2121447.297
29+700	409132.7423	2121524.833
29+800	409099.7105	2121618.045
29+900	409030.6042	2121678.394
30+000	408966.6929	2121608.048
30+100	408909.4956	2121528.063
30+200	408812.2112	2121507.288
30+300	408737.7381	2121452.289
30+400	408781.3985	2121369.563
30+500	408832.8682	2121288.728
30+600	408823.922	2121189.216
30+700	408753.0773	2121125.913
30+800	408679.4453	2121064.612
30+900	408683.6083	2120965.345
31+000	408636.0708	2120883.597
31+100	408569.4713	2120813.326

Cadenamiento	X	Y
31+200	408559.4774	2120713.862
31+300	408534.104	2120617.512
31+400	408495.8136	2120525.133
31+500	408448.7587	2120438.223
31+600	408352.14	2120419.701
31+700	408294.7278	2120342.48
31+800	408203.8973	2120325.718
31+900	408107.7142	2120314.406
32+000	408022.4693	2120265.242
32+100	408004.1746	2120167.464
32+200	407989.0786	2120068.72
32+300	407906.2236	2120042.954
32+400	407813.5268	2120068.168
32+500	407731.6893	2120108.104
32+600	407643.9498	2120117.026
32+700	407565.7092	2120157.194
32+800	407561.8758	2120257.004
32+900	407514.102	2120343.28
33+000	407498.025	2120439.424

Cadenamiento	X	Y
33+100	407486.5199	2120535.729
33+200	407398.0326	2120568.407
33+300	407333.9883	2120499.15
33+400	407332.5848	2120399.251
33+500	407283.7903	2120313.972
33+600	407275.5989	2120216.399
33+700	407210.2745	2120156.779
33+800	407129.5787	2120212.622
33+900	407047.8597	2120177.501
34+000	407009.9215	2120088.274
34+100	406917.4595	2120050.692
34+200	406823.6747	2120015.988
34+300	406738.1389	2119965.681
34+400	406680.5982	2119884.389
34+500	406621.6113	2119804.501
34+600	406535.5697	2119753.74
34+700	406467.0843	2119682.256
34+800	406408.9085	2119600.92
34+900	406333.8492	2119537.509
35+000	406241.7975	2119498.465
35+100	406143.7745	2119500.246
35+200	406046.7498	2119524.071
35+300	405976.9586	2119465.532
35+400	406024.8433	2119383.815
35+500	406064.333	2119297.484
35+600	406005.2036	2119220.543
35+700	405927.8915	2119157.118
35+800	405846.1334	2119100.403
35+900	405747.807	2119097.452
36+000	405650.0334	2119118.346
36+100	405563.337	2119079.885
36+200	405521.578	2118990.23
36+300	405569.0951	2118905.49
36+400	405585.0292	2118817.294
36+500	405493.8937	2118779.055
36+600	405395.665	2118772.074
36+700	405305.5816	2118814.62
36+800	405220.8371	2118777.335
36+900	405198.8584	2118685.48
37+000	405238.601	2118593.731
37+100	405242.2511	2118494.676
37+200	405305.7506	2118424.867
37+300	405363.5779	2118350.931
37+400	405315.5944	2118265.927
37+500	405283.1168	2118174.358
37+600	405278.9641	2118074.444
37+700	405310.87	2117985.81
37+800	405401.5287	2118001.855
37+900	405473.8452	2118070.866
38+000	405566.9001	2118072.22
38+100	405592.5045	2117982.693
38+200	405550.4116	2117892.009

Cadenamiento	X	Y
38+300	405486.8919	2117816.559
38+400	405405.9999	2117757.767
38+500	405323.8211	2117700.93
38+600	405226.5678	2117688.824
38+700	405130.51	2117716.568
38+800	405034.5758	2117744.782
38+900	404936.2293	2117762.482
39+000	404837.2099	2117776.451
39+100	404738.1905	2117790.421
39+200	404639.1638	2117804.34
39+300	404540.1279	2117818.192
39+400	404441.1262	2117832.284
39+500	404342.168	2117846.681
39+600	404243.2079	2117861.065
39+700	404144.1517	2117857.322
39+800	404059.697	2117805.929
39+900	403999.5056	2117726.167
40+000	403947.0662	2117641.374
40+100	403916.3139	2117546.511
40+200	403832.7224	2117497.04
40+300	403759.5006	2117436.768
40+400	403739.5641	2117339.13
40+500	403658.5681	2117286.598
40+600	403564.2512	2117253.981
40+700	403506.1144	2117174.174
40+800	403439.4316	2117103.621
40+900	403339.9409	2117097.959
41+000	403243.9211	2117074.111
41+100	403167.1844	2117010.498
41+200	403094.5821	2116941.731
41+300	403021.9798	2116872.964
41+400	402949.3775	2116804.197
41+500	402876.7751	2116735.43
41+600	402804.1728	2116666.663
41+700	402731.5705	2116597.896
41+800	402650.2806	2116541.015
41+900	402551.8952	2116527.105
42+000	402451.9195	2116524.902
42+100	402351.9438	2116522.699
42+200	402251.9681	2116520.496
42+300	402151.9923	2116518.293
42+400	402063.7935	2116484.627
42+500	402082.4045	2116395.476
42+600	402179.1295	2116390.945
42+700	402277.8618	2116396.336
42+800	402342.4972	2116322.427
42+900	402426.9613	2116279.493
43+000	402526.8818	2116275.507
43+100	402625.0003	2116284.382
43+200	402698.1714	2116352.247
43+300	402772.1399	2116418.851
43+400	402862.1709	2116396.452

Cadenamiento	X	Y
43+500	402861.7904	2116303.678
43+600	402780.5463	2116245.964
43+700	402696.8225	2116191.28
43+800	402613.7845	2116135.576
43+900	402531.5531	2116078.68
44+000	402447.493	2116024.517
44+100	402363.2411	2115970.65
44+200	402279.0665	2115916.664
44+300	402195.0414	2115862.444
44+400	402111.0164	2115808.224
44+500	402041.1767	2115738.681
44+600	402025.5292	2115641.05
44+700	402025.6919	2115541.05
44+800	402025.8547	2115441.05
44+900	402026.0175	2115341.05
45+000	402026.1802	2115241.05
45+100	402015.6474	2115142.096
45+200	401981.4879	2115048.12
45+300	401925.8532	2114966.485
45+400	401850.9612	2114900.219
45+500	401776.0384	2114833.988
45+600	401699.5349	2114769.635
45+700	401619.4519	2114709.884
45+800	401574.891	2114622.066
45+900	401546.089	2114526.506
46+000	401499.3361	2114438.115
46+100	401452.1616	2114349.942
46+200	401404.5664	2114262.002
46+300	401331.7403	2114195.131
46+400	401247.2471	2114141.703
46+500	401151.2702	2114114.635
46+600	401064.6445	2114071.971
46+700	401067.6352	2113974.874
46+800	401025.8629	2113893.489
46+900	400927.4471	2113876.559
47+000	400828.3599	2113863.387
47+100	400738.0923	2113902.387
47+200	400642.7238	2113905.211
47+300	400547.0152	2113876.372
47+400	400449.6424	2113854.389
47+500	400350.6249	2113866.131
47+600	400287.8356	2113799.164
47+700	400263.7873	2113703.229
47+800	400183.5158	2113646.389
47+900	400092.4242	2113605.13
48+000	400011.2158	2113548.909
48+100	399951.9514	2113468.434
48+200	399860.3072	2113437.704
48+300	399760.3092	2113437.078
48+400	399660.3353	2113435.728
48+500	399583.992	2113379.557
48+600	399585.1976	2113280.732

Cadenamiento	X	Y
48+700	399597.9763	2113181.552
48+800	399633.6171	2113089.533
48+900	399656.171	2112997.822
49+000	399595.355	2112918.704
49+100	399540.5546	2112835.806
49+200	399518.304	2112738.373
49+300	399463.7002	2112659.951
49+400	399391.1149	2112594.258
49+500	399383.016	2112495.285
49+600	399439.8509	2112427.675
49+700	399533.5761	2112397.011
49+800	399569.6909	2112308.036
49+900	399515.7681	2112228.582
50+000	399419.8431	2112204.896
50+100	399321.7082	2112185.672
50+200	399223.5733	2112166.449
50+300	399124.9315	2112155.701
50+400	399034.4723	2112197.305
50+500	398943.7937	2112162.325
50+600	398859.2997	2112108.847
50+700	398765.7167	2112074.49
50+800	398669.6541	2112046.717
50+900	398572.9975	2112059.149
51+000	398482.2334	2112101.008
51+100	398383.4469	2112104.972
51+200	398284.5471	2112090.179
51+300	398188.3618	2112065.878
51+400	398121.5134	2111992.146
51+500	398057.9623	2111915.026
51+600	397973.5959	2111861.896
51+700	397885.8051	2111814.027
51+800	397787.904	2111803.973
51+900	397688.212	2111811.816
52+000	397588.52	2111819.658
52+100	397488.828	2111827.501
52+200	397389.1295	2111835.253
52+300	397306.0614	2111792.031
52+400	397325.1656	2111700.991
52+500	397420.398	2111677.131
52+600	397497.7106	2111625.578
52+700	397456.6952	2111544.245
52+800	397364.3344	2111569.201
52+900	397276.0775	2111615.572
53+000	397177.2964	2111624.784
53+100	397079.649	2111603.397
53+200	396982.7423	2111615.686
53+300	396898.8674	2111670.099
53+400	396811.0966	2111717.228
53+500	396712.3813	2111727.864
53+600	396617.7426	2111697.842
53+700	396536.6139	2111639.502
53+800	396457.99	2111577.764

Cadenamiento	X	Y
53+900	396397.7333	2111498.593
54+000	396361.4789	2111405.478
54+100	396326.5038	2111311.808
54+200	396286.1695	2111220.306
54+300	396244.6106	2111129.368
54+400	396182.6457	2111051.496
54+500	396110.8759	2110981.861
54+600	396025.9903	2110933.526
54+700	395926.0985	2110929.258
54+800	395826.1649	2110925.624
54+900	395726.2875	2110920.684
55+000	395626.4094	2110915.81
55+100	395526.5248	2110919.939
55+200	395448.6146	2110869.106
55+300	395378.5998	2110805.875
55+400	395278.6254	2110805.694
55+500	395180.6879	2110822.433
55+600	395085.6693	2110800.002
55+700	394986.8487	2110787.409
55+800	394909.4844	2110735.513
55+900	394875.9908	2110641.291
56+000	394858.256	2110544.911
56+100	394870.5665	2110449.115
56+200	394797.0351	2110382.523
56+300	394718.8461	2110320.284
56+400	394694.0886	2110225.69
56+500	394617.0833	2110171.424
56+600	394592.6289	2110086.912
56+700	394612.3056	2109996.058
56+800	394534.5428	2109933.923
56+900	394497.6953	2109848.402
57+000	394552.1684	2109765.143
57+100	394552.0497	2109669.286
57+200	394483.1052	2109597.397
57+300	394409.9715	2109529.195
57+400	394355.0679	2109446.883
57+500	394281.2989	2109382.78
57+600	394205.0879	2109318.76
57+700	394111.4002	2109285.081
57+800	394027.9858	2109230.065
57+900	393976.7899	2109146.099
58+000	393963.7953	2109047.049
58+100	393972.3582	2108947.57
58+200	393957.0729	2108848.871
58+300	393949.2436	2108749.538
58+400	393916.3324	2108655.121
58+500	393895.6789	2108557.68
58+600	393905.8094	2108458.506
58+700	393925.3261	2108360.429
58+800	393944.8428	2108262.352
58+900	393953.3428	2108162.949
59+000	393951.0754	2108062.975

Cadenamiento	X	Y
59+100	393948.808	2107963
59+200	393946.5405	2107863.026
59+300	393939.6091	2107763.413
59+400	393909.1717	2107668.282
59+500	393884.8107	2107571.603
59+600	393866.0938	2107473.859
59+700	393795.4412	2107404.73
59+800	393715.0471	2107345.259
59+900	393630.1688	2107293.402
60+000	393535.1304	2107263.852
60+100	393441.1223	2107229.885
60+200	393350.7391	2107192.173
60+300	393292.6418	2107110.923
60+400	393202.3594	2107072.088
60+500	393107.5265	2107041.022
60+600	393015.7384	2107001.336
60+700	392923.9569	2106961.636
60+800	392843.7817	2106903.596
60+900	392777.8353	2106828.422
61+000	392711.9074	2106753.233
61+100	392645.9794	2106678.043
61+200	392575.8716	2106606.817
61+300	392502.7035	2106538.653
61+400	392428.4525	2106471.702
61+500	392349.6442	2106410.148
61+600	392270.6945	2106348.772
61+700	392184.3386	2106299.116
61+800	392092.4285	2106259.726
61+900	391993.8721	2106252.656
62+000	391897.9638	2106231.623
62+100	391805.661	2106193.813
62+200	391706.1809	2106185.046
62+300	391606.6454	2106191.19
62+400	391507.9271	2106206.427
62+500	391408.1647	2106204.231
62+600	391355.2679	2106278.39
62+700	391423.245	2106342.838
62+800	391517.83	2106375.299
62+900	391600.8313	2106425.43
63+000	391599.0173	2106523.707
63+100	391637.4266	2106613.281
63+200	391692.4942	2106696.715
63+300	391720.9823	2106792.249
63+400	391790.0034	2106862.06
63+500	391792.885	2106953.105
63+600	391702.4371	2106963.881
63+700	391668.7228	2106873.444
63+800	391649.1609	2106776.096
63+900	391566.0937	2106722.788
64+000	391476.9229	2106677.595
64+100	391433.0064	2106590.94
64+200	391362.1046	2106531.589

Cadenamiento	X	Y
64+300	391262.1711	2106528.12
64+400	391163.7124	2106511.37
64+500	391067.5995	2106484.7
64+600	390991.6359	2106420.353
64+700	390904.3465	2106372.227
64+800	390811.4472	2106336.264
64+900	390711.7035	2106335.605
65+000	390613.4172	2106320.414
65+100	390525.8191	2106359.758
65+200	390453.8361	2106429.034
65+300	390374.9376	2106487.86
65+400	390280.3281	2106520.248
65+500	390186.0383	2106504.788
65+600	390099.9391	2106454.658
65+700	390014.5642	2106494.523
65+800	389931.8405	2106542.274
65+900	389839.6561	2106504.408
66+000	389746.2117	2106507.122
66+100	389669.3653	2106570.737
66+200	389580.8614	2106545.429
66+300	389515.5119	2106469.84
66+400	389429.8268	2106418.716
66+500	389337.6645	2106432.155
66+600	389246.1169	2106463.55
66+700	389164.0136	2106423.231
66+800	389206.3934	2106340.802
66+900	389283.0655	2106276.604
67+000	389359.7376	2106212.406
67+100	389438.3546	2106150.787
67+200	389531.0142	2106113.743
67+300	389629.7386	2106108.044
67+400	389722.5622	2106144.62
67+500	389819.1514	2106160.528
67+600	389917.5363	2106142.629
67+700	389995.4033	2106090.845
67+800	390064.3431	2106021.212
67+900	390149.1074	2105968.184
68+000	390216.1389	2105894.72
68+100	390290.2191	2105828.803
68+200	390364.9562	2105763.281
68+300	390447.5232	2105791.652
68+400	390511.7197	2105754.489
68+500	390431.5098	2105699.88
68+600	390336.6856	2105709.765
IG=68+691.57 AT 70+000 AD	390260.9454	2105761.237

Cadenamiento	X	Y
70+100	390178.2868	2105817.518
70+200	390105.6688	2105789.332
70+300	390053.9133	2105723.529
70+400	389957.2244	2105749.002
70+500	389859.6715	2105767.174
70+600	389765.6607	2105733.356
70+700	389672.2215	2105697.733
70+800	389574.4956	2105696.541
70+900	389479.1609	2105726.729
71+000	389383.2374	2105754.76
71+100	389284.6136	2105745.841
71+200	389188.3933	2105718.608
71+300	389090.6311	2105699.292
71+400	388990.662	2105701.487
71+500	388890.7001	2105704.245
71+600	388798.8385	2105736.79
71+700	388715.7342	2105788.132
71+800	388617.7849	2105768.953
71+900	388542.8778	2105709.632
72+000	388577.3286	2105641.137
72+100	388671.775	2105673.754
72+200	388738.2893	2105627.926
72+300	388696.3876	2105537.368
72+400	388753.7057	2105489.728
72+500	388838.8197	2105541.027
72+600	388933.6689	2105572.473
72+700	389033.4731	2105573.905
72+800	389133.453	2105572.64
72+900	389232.6091	2105568.403
73+000	389302.7191	2105498.389
73+100	389393.7649	2105460.896
73+200	389487.7899	2105437.347
73+300	389572.5984	2105387.074
73+400	389666.8663	2105412.933
73+500	389758.9052	2105426.177
73+600	389778.3377	2105332.4
73+700	389849.9806	2105274.968
73+800	389944.3286	2105241.825
73+900	390002.5155	2105173.453
74+000	390021.7166	2105083.443
74+100	390096.588	2105017.201
74+200	390191.6894	2104998.843
74+300	390285.4033	2105029.737
74+400	390363.6127	2104969.076
74+500	390440.7507	2104905.821
74+550.56	390486.4837	2104884.285

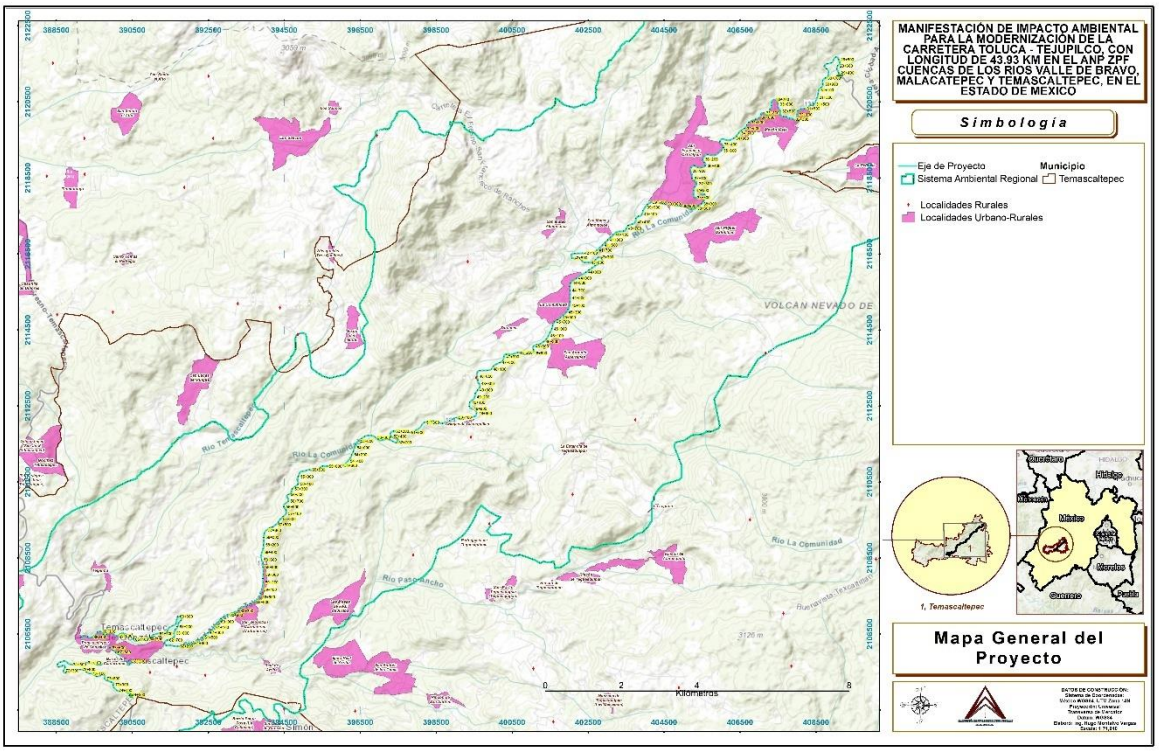


Figura 6. Mapa general del proyecto

ENTRONQUES A NIVEL

A lo largo del tramo comprendido entre los kilómetros 29+311.6 y 74+550.56 se encuentran diez entronques a nivel que serán modernizados de acuerdo con las especificaciones del proyecto, mismas que en los siguientes apartados se detallan. Sin embargo, a continuación, se detallan las ubicaciones mediante cadenamientos y coordenadas UTM.

Tabla 3. Ubicación de Entronques

ID	Nombre	Ubicación	Tramo comprendido	X	Y	Longitud (m)
1	Mesón Viejo	Inicio	34+037.26	406976.3523	2120072.471	542.36
		Fin	34+579.62	406553.4073	2119763.825	
2	San Francisco Oxtotilpan	Inicio	39+480	403999.7443	2117726.5	420.00
		Fin	39+900	404362.3596	2117843.743	
3	Valle de Bravo	Inicio	40+200	403832.7224	2117497.04	359.33
		Fin	40+559.33	403602.3441	2117269.309	
4	San Mateo Almoloa	Inicio	40+860	403380.4393	2117098.287	480.00
		Fin	41+340	402993.284	2116845.784	
5	La Comunidad I	Inicio	44+400	402111.0164	2115808.224	440.00
		Fin	44+840	402025.8941	2115416.874	
6	La Comunidad II	Inicio	44+840	402025.8941	2115416.874	500.00
		Fin	45+340	401896.7103	2114940.661	
7	San Antonio A.	Inicio	45+641.80	401666.2275	2114745.436	678.20

ID	Nombre	Ubicación	Tramo comprendido	X	Y	Longitud (m)
		Fin	46+320	401423.9764	2114297.261	
8	San Sebastián C. I	Inicio	58+331.62	393939.4376	2108719.951	472.46
		Fin	58+804.08	393944.8428	2108262.352	
9	San Sebastián C. II	Inicio	60+240	393327.8847	2107159.387	570.23
		Fin	60+810.23	392837.5057	2106896.475	
10	Tehuastepec	Inicio	66+504.41	389332.7434	2106436.054	315.35
		Fin	66+819.76	389221.6402	2106328.038	

En la Figura 7 se presenta la ubicación de los entronques respecto al tramo que comprende el proyecto.

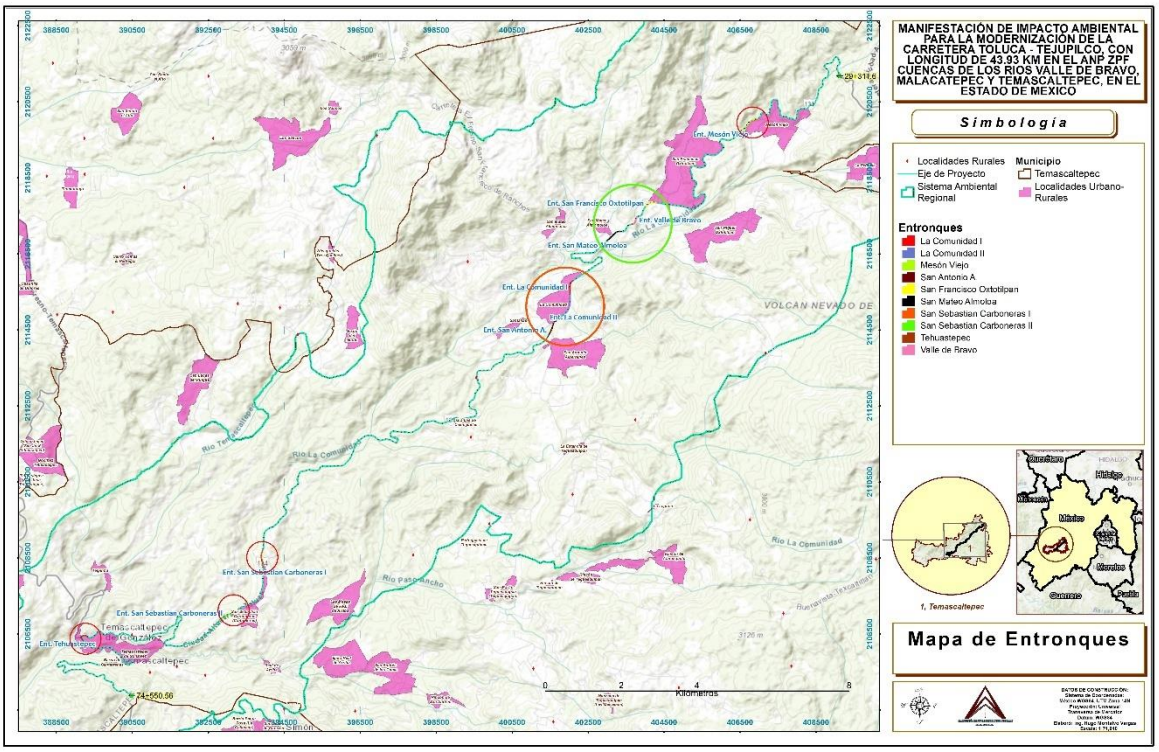


Figura 7. Ubicación de entronques

OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Parte importante de las necesidades del camino existente, son la modernización de obras hidráulicas, puesto que las actuales se encuentran en pésimas condiciones estructurales, carecen de las dimensiones adecuadas, o bien, se encuentran muy azolvadas, lo que conlleva a un mal desempeño hidráulico.

A continuación, se presentan algunas de las obras inventariadas durante los recorridos de campo donde se hacen evidentes las condiciones antes señaladas.



Figura 8. Tubos azolvados en los Km 30+091.02, 30+586.78 y 35+106.69



Figura 9. Losas y tubos deteriorados y azolvados en Km 39+103.64, 47+243 y 51+259.34



Figura 10. Tubos azolvados en Km 52+468.00, 70+639.6 y 72+948.15

Por tal motivo, en el proyecto se incluyen **190 obras** de drenaje transversal, de las cuales, serán 143 reemplazos, 2 ampliaciones, 41 obras nuevas y 4 que se mantienen iguales. A la vez, se subdividen en 188 obras menores (167 tubos de concreto, 12 losas de concreto, 3 cajones de concreto y 6 bóvedas) más dos obras mayores que consisten en la ampliación de un puente y la colocación de un tubo especial de 6.71 metros de diámetro.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4, se presentan las coordenadas UTM de 190 obras de drenaje que forman parte de la modernización, así como sus especificaciones.

Tabla 4. Coordenadas de obras de drenaje transversal (ODT)

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
1	29+390.18	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2m	Tubo de concreto	Reemplazar	409106.3711	2121256.956
2	29+714.36	Losa 2.00 x 1.50 m	Losa 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	409132.5162	2121539.073
3	29+850	Puente	Tubo de lámina Ø=6.71 m	Tubo especial	Reemplazar	409075.9093	2121661.692
4	29+910.82	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	409020.0038	2121676.115
5	30+091.02	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408917.9583	2121533.552
6	30+241.16	2 Tubos de plástico Ø=1.60 m	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408771.7475	2121497.279
7	30+330.73	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408738.5309	2121420.915
8	30+586.78	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Losa de 2.0 X 1.2 m	Losa de concreto	Reemplazar	408826.0335	2121201.294
9	30+803.32	Tubo de concreto Ø=0.75 m.	Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408678.8878	2121062.675
10	31+085.44	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408574.201	2120828.31
11	31+418.75	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408488.99	2120508.547
12	31+608.37	Tubo de concreto Ø=0.75 m.	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408345.343	2120417.235
13	31+648.52	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408316.7018	2120390.149
14	31+858.88		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	408153.2882	2120331.014
15	31+995.38	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408026.2755	2120270.8
16	32+075.37	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408007.4939	2120192.4
17	32+159.31	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407996.7207	2120110.98
18	32+381.80	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407831.5049	2120070.777
19	32+492.35	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407735.6489	2120101.752
20	32+827.17	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407555.4539	2120282.062
21	33+391.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	407333.099	2120408.186
22	33+509.03		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	407272.6979	2120284.019
23	33+845.89	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	407089.4536	2120215.925
24	34+068.63		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	406947.3297	2120061.738
25	34+769.42	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406439.6381	2119643.883
26	34+838.65		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	406385.2648	2119570.992
27	35+106.69	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406137.7464	2119501.823
28	35+456.22	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406059.0776	2119341.769
29	35+608.86	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405997.6996	2119214.387
30	36+378.99		Paso Fauna tipo Losa 3x 2.5 m	Losa de concreto	Nueva	405594.9148	2118834.77
31	36+511.83	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405483.7479	2118775.871
32	36+740.84	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405271.2219	2118816.099
33	36+981.53	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Cajón 2 x 1.2 m	Cajón de concreto	Reemplazar	405231.2003	2118611.692
34	37+288.12		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	405358.1772	2118378.012
35	38+009.21		Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Nueva	405579.3644	2118060.537
36	38+208.45		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	405546.8252	2117884.747

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
37	38+508.45	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405310.5029	2117694.96
38	39+103.64	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Cajón 2 x 1.2 m	Cajón de concreto	Reemplazar	404735.2784	2117790.832
39	39+607.49	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	404235.4727	2117862.121
40	39+738.62	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	404097.6774	2117836.644
41	39+810.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	404048.3941	2117793.082
42	39+964.45		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	403962.7306	2117673.089
43	40+212.55	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	403821.188	2117493.561
44	40+464.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	403708.0369	2117305.039
45	40+626.86	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403544.1098	2117237.063
46	40+930.98	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403308.0219	2117095.616
47	41+112.55	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403154.2953	2116998.289
48	41+631.61	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402781.0178	2116644.731
49	42+672.70	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402249.1087	2116400.78
50	42+783.73	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402329.4182	2116342.499
51	43+224.50	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	402714.7749	2116368.725
52	43+310.11		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	402782.066	2116422.475
53	43+413.37	Bóveda	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5	Bóveda	Ampliación	402869.8925	2116384.32
54	43+876.84		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	402569.2614	2116104.383
55	44+167.16	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402309.8841	2115936.536
56	44+650.83	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402025.6161	2115587.633
57	45+108.14	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Cajón 2 x 1.50 m	Cajón de concreto	Reemplazar	402012.7496	2115133.177
58	45+414.66		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401837.0241	2114887.899
59	45+702.29		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401616.3636	2114706.793
60	46+195.73		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401411.8348	2114274.666
61	46+514.46	Bóveda 1.5 x 1.0 m	Paso Fauna tipo losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	401133.8249	2114110.7
62	46+757.22		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400228.8705	2113668.976
63	47+014.28	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400814.0946	2113864.207
64	47+243	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400602.2818	2113894.1
65	47+367		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400482.4521	2113859.432
66	47+489	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400362.6456	2113866.228
67	47+582	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400291.9625	2113818.495
68	47+668		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400277.1039	2113731.194
69	47+834		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400153.6008	2113632.839
70	47+987	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400018.3519	2113557.381
71	48+035		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399991.4037	2113521.736
72	48+082		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399964.4197	2113483.673
73	48+309		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399751.7538	2113437.024
74	48+843		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399655.2031	2113055.709
75	48+951		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399627.6013	2112957.882
76	49+273		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399487.5334	2112676.003
77	49+466	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399383.01	2112530.265
78	49+825	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399564.4108	2112284.697
79	49+887	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399527.0631	2112235.502
80	50+607.00		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	398850.5946	2112104.013
81	50+797.75	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398674.5664	2112047.986
82	51+064.06	Tubo de lámina Ø=1.00 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398423.0347	2112109.689

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
83	51+259.34	Tubo de concreto Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398225.4291	2112080.655
84	51+628.89	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397950.1035	2111848.945
85	51+834.50		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	397747.806	2111807.128
86	52+468.00	Tubo de concreto Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397389.7694	2111679.98
87	52+595.83	Bóveda 1.0 x 1.20 m	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	397496.1377	2111630.455
88	52+724.39	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397444.8021	2111540.994
89	55+000	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395626.4094	2110915.81
90	55+180	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395461.1347	2110890.857
91	55+330	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395347.7705	2110805.194
92	55+490	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395190.6064	2110819.812
93	55+610	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395075.3657	2110796.603
94	55+790	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394917.1086	2110751.449
95	55+840	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394895.4487	2110696.349
96	55+960	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394856.5349	2110582.3
97	56+320	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394707.3435	2110304.36
98	56+380	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394696.7349	2110245.805
99	56+520	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394600.8139	2110160.532
100	56+730	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394591.5704	2109975.135
101	57+240	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394454.4408	2109570.511
102	57+300	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394409.9715	2109529.195
103	57+380	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394364.0137	2109465.594
104	57+500	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394281.2989	2109382.78
105	57+720	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394094.4577	2109274.653
106	57+960	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393967.5113	2109087.295
107	58+020	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393964.6823	2109027.505
108	58+200	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393957.0729	2108848.871
109	58+300	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393949.2436	2108749.538
110	58+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393909.8993	2108635.991
111	58+610	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393907.735	2108448.83
112	58+850	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393953.5638	2108178.398
113	59+210	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393946.5128	2107850.93
114	59+520	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393882.3746	2107551.21
115	59+740	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393762.3839	2107380.276
116	59+970	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393573.3359	2107276.068
117	60+240	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393327.3331	2107158.553
118	60+440	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393163.616	2107062.268
119	60+590	Tubo de concreto Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393025.067	2107005.369
120	60+730	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392897.0118	2106948.533
121	60+970	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392731.3968	2106775.46
122	61+340	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392474.0518	2106511.96
123	61+510	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392341.2256	2106403.601
124	61+700	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392184.3386	2106299.116
125	61+760	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392126.8485	2106274.207
126	61+820	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392074.2696	2106253.864
127	62+020	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391879.3561	2106222.664
128	62+050	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391850.6006	2106209.064

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
129	62+220	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391686.232	2106184.242
130	62+330	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391576.3034	2106196.814
131	62+430	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391475.897	2106205.206
132	62+590	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391354.7862	2106268.35
133	62+830	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391546.7383	2106385.224
134	62+960	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391605.4023	2106481.614
135	63+030	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391601.6855	2106553.593
136	63+340	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391742.6602	2106825.24
137	63+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391801.7867	2106878.477
138	63+520	Puente	Puente Rio Verde 30 x 9 m	Puente	Ampliación	391776.5626	2106966.85
139	63+580	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391720.3205	2106973.055
140	63+710	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391667.4407	2106863.235
141	63+880	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391577.28	2106728.315
142	63+960	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391511.2339	2106695.681
143	64+380	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391183.6129	2106515.84
144	64+430	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391133.5352	2106504.46
145	64+550	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391022.7364	2106450.673
146	64+740	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390867.5554	2106354.603
147	64+940	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390672.1491	2106332.208
148	65+060	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390557.302	2106333.815
149	65+180	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390467.7143	2106414.195
150	65+285	TC 1.2	Losa de concreto 10 x 7 m	Losa de concreto	Reemplazar	390365.5244	2106491.097
151	65+390	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390289.7634	2106517.085
152	65+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390260.9891	2106525.307
153	65+580	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390118.5753	2106461.896
154	65+780	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389951.6088	2106541.499
155	66+000	Bóveda de 3.0 x 2.0 m	Paso Fauna tipo bóveda 3 x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	389746.2117	2106507.122
156	66+140	Bóveda de 3.0 x 2.0 m	Paso Fauna tipo bóveda 3 x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	389630.4227	2106576.667
157	66+210	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389574.4767	2106537.765
158	66+530	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389313.7795	2106450.032
159	66+800	Bóveda de 3.0 x 2.5 m	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	Bóveda	Se mantiene	389206.3934	2106340.802
160	67+100	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389438.3546	2106150.787
161	67+300	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389629.7386	2106108.044
162	67+900	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390149.1073	2105968.184
163	68+000	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390216.1389	2105894.72
164	68+100	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390290.2191	2105828.803
165	68+250	Tubo de plástico Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390411.5319	2105757.509
166	68+500	Tubo de lámina Ø=1.00 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390431.5098	2105699.88
167	68+640	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390302.8737	2105732.684
168	70+108		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	390171.3373	2105822.067
169	70+128	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389355.1256	2105757.42
170	70+234.95	Bóveda 2 x 1.5 m	Bóveda 2 x 1.5 m	Bóveda	Se mantiene	389456.5532	2105733.895
171	70+276.37	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Se mantiene	390077.7825	2105724.777
172	70+350		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	390007.22	2105735.769
173	70+378		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389978.2746	2105743.433
174	70+408		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389949.2245	2105751.149

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
175	70+639.6	Losa 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto	Se mantiene	389729.2017	2105719.411
176	70+668		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389701.8904	2105708.97
177	70+708	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389664.4342	2105695.068
178	71+144.87	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389241.6755	2105733.692
179	71+486.15	Losa 1.0 x 1.0 m	Losa de concreto 2.0 x 1.2 m	Losa de concreto	Reemplazar	388903.5576	2105703.886
180	71+673.07		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388737.8254	2105783.683
181	71+906.08		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388540.0019	2105704.505
182	72+033.81		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388609.482	2105651.183
183	72+414.63		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388764.5052	2105497.174
184	72+948.15	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389267.7496	2105537.814
185	73+191.14	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389481.5633	2105442.146
186	73+393.16	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389660.9571	2105409.75
187	73+605.75		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389778.9356	2105325.526
188	73+775.04	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389921.4444	2105249.864
189	73+928.49		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389997.4324	2105146.217
190	74+048.35	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390057.4816	2105051.076

En la Figura 11 se presenta la ubicación de las obras hidráulicas.

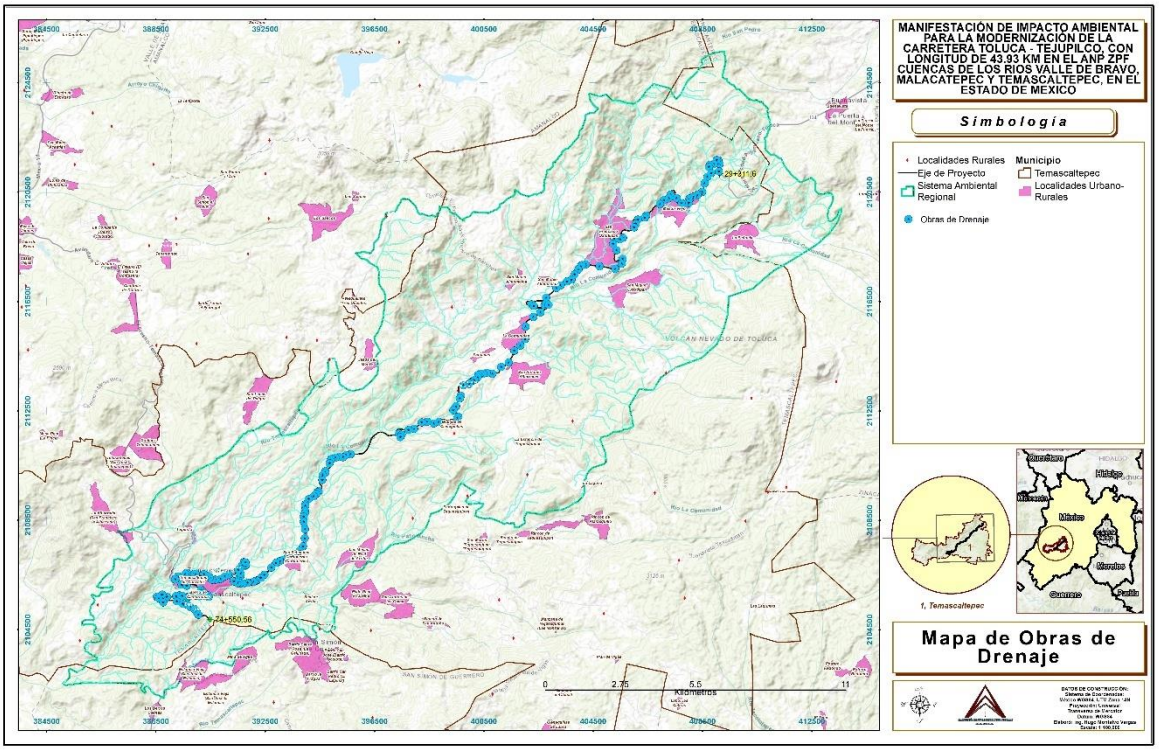


Figura 11. Mapa de obras de drenaje transversal

II.1.3.3 SUPERFICIE REQUERIDA PARA EL PROYECTO

Tal como se aprecia en la Tabla 5, la superficie **total de DDV (histórico más por adquirir) es de 189.3292 hectáreas**; dentro de las cuales se localizan **126.2005 hectáreas de la línea de ceros** que corresponde a la afectación total del proyecto.

Cabe señalar, que, dentro de la superficie de línea de ceros, la superficie que formará parte del camino y por lo tanto será sellada, es de 63.0691 hectáreas, misma que corresponde en su totalidad al Ancho de Corona del proyecto. Dentro de la cual, la fracción que corresponde a la ampliación es de 35.4657 hectáreas.

Tabla 5. Superficies requeridas para el proyecto

Superficies	Metros cuadrados	Hectáreas	Ubicación según escala
Derecho de vía (DDV)			
Histórico	1,774,880.67	177.4881	Dentro del Área de Influencia
Por adquirir		11.8411	
DDV total	**1,774,880.67**	**189.3292**	
Superficie total sujeta a modernización (Línea de Ceros - LC)			
Camino existente	48,119.90	4.8120	Dentro del DDV
Ancho de Corona fuera del camino existente	354,657.36	35.4657	
Camino existente + Ancho de corona (traslape)	276,033.92	27.6034	
Cortes y terraplenes	583,194.07	58.3194	
LC total	**1,262,005.25**	**126.2005**	
Superficie a sellar (Ancho de Corona - AC)			
Superficie de ampliación*	354,657.36	35.4657	Dentro de la LC
Camino existente sujeto a modernización**	276,033.92	27.6034	
AC total	**630,691.28**	**63.0691**	
*Superficie del ancho de corona que cae fuera del camino existente			
****Fracción del camino existente que queda dentro del AC**			

SUPERFICIES POR USO DE SUELO

Como se señaló en el apartado de la representación gráfica local, dentro del área del proyecto se encuentran usos de suelo diferentes a los forestales como son las áreas de la carretera actual, cuerpos de agua que son ríos o arroyos y áreas sin vegetación que en conjunto suman una superficie de 49.8518 hectáreas.

Asimismo, la superficie de afectación del proyecto dentro de línea de ceros contempla el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie total de **76.3487 hectáreas**, de las cuales, **26.6017 hectáreas presentan bosque de pino (BP)** y **49.7470 hectáreas presentan bosque de pino-encino (BPQ)**.

Tabla 6. Usos de suelo dentro de la superficie sujeta a modernización (LC)

Tipo	Uso de suelo / Vegetación	Superficie (ha)	Superficie por tipo
Forestal	Bosque de Pino	26.6017	76.3487
	Bosque de Pino-Encino	49.7470	
No Forestal	Carretera Actual	31.7175	49.8518

Tipo	Uso de suelo / Vegetación	Superficie (ha)	Superficie por tipo
	Cuerpo de Agua	0.1479	
	Sin Vegetación	17.9864	
Total		**126.2005**	**126.2005**

SUPERFICIES DE ENTRONQUES

La superficie total para la modernización y adecuaciones a nivel dentro de las áreas de entronques es de **100,173.94 metros cuadrados (10.0174 hectáreas)**.

Cabe señalar que cada entronque está subdividido en áreas que corresponden a la superficie del ancho de corona (ampliaciones) y el camino existente que será modernizado, así como superficies de línea de ceros de cortes y terraplenes propias del entronque.

Tabla 7. Superficie de entronques

Entronque	No.	Área dentro del entronque	Superficies		
			Por área (m^2)	Total (m2)	Total (ha)
La Comunidad I	1	Ancho de Corona	2,538.73	9,301.27	0.9301
	2	Ancho de Corona	2,536.22		
	3	Camino Existente	2,733.71		
	4	Ceros Entronque	443.44		
	5	Ceros Entronque	458.99		
	6	Ceros Entronque	590.19		
La Comunidad II	7	Ancho de Corona	3,582.09	10,832.16	1.0832
	8	Ancho de Corona	2,751.83		
	9	Camino Existente	3,384.98		
	10	Ceros Entronque	195.58		
	11	Ceros Entronque	368.78		
	12	Ceros Entronque	548.89		
Mesón Viejo	13	Ampliación	1,846.21	12,816.46	1.2816
	14	Ampliación	2,133.24		
	15	Camino Existente	4,674.31		
	16	Ceros Entronque	2,022.13		
	17	Ceros Entronque	483.30		
	18	Ceros Entronque	678.16		
	19	Ceros Entronque	979.12		
San Antonio A.	20	Ancho de Corona	1,064.66	10,912.38	1.0912
	21	Ancho de Corona	1,828.98		
	22	Ancho de Corona	1,959.62		
	23	Camino Existente	4,139.30		
	24	Ceros Entronque	278.78		
	25	Ceros Entronque	106.15		
	26	Ceros Entronque	25.37		
	27	Ceros Entronque	161.21		
	28	Ceros Entronque	1,348.30		
San Francisco Oxtotilpan	29	Ampliación	2,746.59	9,468.62	0.9469
	30	Ampliación	2,902.37		

Entronque	No.	Área dentro del entronque	Superficies		
			Por área (m^2)	Total (m2)	Total (ha)
	31	Camino Existente	2,390.55		
	32	Ceros Entronque	350.96		
	33	Ceros Entronque	248.75		
	34	Ceros Entronque	596.60		
	35	Ceros Entronque	100.79		
	36	Ceros Entronque	132.01		
San Mateo Almoloa	37	Ampliación	2,931.09	10,565.62	1.0566
	38	Ampliación	2,422.13		
	39	Camino Existente	3,183.39		
	40	Ceros Entronque	423.44		
	41	Ceros Entronque	1,309.73		
	42	Ceros Entronque	295.85		
San Sebastián Carboneras I	43	Ampliación	3,555.99	10,024.52	1.0025
	44	Ampliación	2,383.66		
	45	Camino Existente	3,041.95		
	46	Ceros Entronque	289.25		
	47	Ceros Entronque	37.66		
	48	Ceros Entronque	394.80		
	49	Ceros Entronque	321.20		
San Sebastián Carboneras II	50	Ampliación	3,885.48	12,572.87	1.2573
	51	Ampliación	3,004.96		
	52	Ancho de Corona	143.09		
	53	Camino Existente	3,656.88		
	54	Ceros Entronque	225.42		
	55	Ceros Entronque	102.08		
	56	Ceros Entronque	215.11		
	57	Ceros Entronque	511.44		
	58	Ceros Entronque	828.42		
Tehuastepec	59	Camino Existente	3,101.01	4,688.63	0.4689
	60	Ceros Entronque	537.91		
	61	Ceros Entronque	845.31		
	62	Ceros Entronque	204.41		
Valle de Bravo	63	Ampliación	1,029.23	8,991.41	0.8991
	64	Ampliación	1,384.09		
	65	Camino Existente	4,254.12		
	66	Ceros Entronque	743.26		
	67	Ceros Entronque	368.86		
	68	Ceros Entronque	1,206.82		
	69	Ceros Entronque	5.04		
Total			**100,173.94**	**100,173.94**	**10.0174**

SUPERFICIES DE OBRAS HIDRÁULICAS MAYORES

La superficie destinada para la construcción de obras mayores será de 734.73 metros cuadrados (ver Tabla 8), en los siguientes apartados se describen las características estructurales y el procedimiento constructivo de estas obras, así como de las obras menores.

Tabla 8. Superficies de obras mayores

No.	Km	Superficie m2	Actividad	Superficie (m2)
1	29+850	Tubo de lámina Ø=6.71 m	Obra nueva	87.23
2	63+520	Puente Rio Verde 30 x 9 m	Ampliación	647.5
		Total		**734.73**

SUPERFICIES DE ZONAS FEDERALES

La Ley de Aguas Nacionales (Gobierno de México, 2023), en su última reforma publicada el 08 de mayo del 2023; en su **Artículo 3, fracción XLVII, define como Ribera o Zona Federal**:

> *Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes 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 5 metros en los cauces con una anchura no mayor de 5 metros. El nivel de aguas máximas ordinarias en 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 arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de 5 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 a partir 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 una acción de agua fluyendo sobre el terreno. La mayor cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.*

Así mismo, en la **fracción X** del artículo antes señalado, se define el Cauce de una Corriente:

> *El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.*

Entre los criterios a considerar para la inclusión o descarte de zonas federales, la Comisión Nacional del Agua, indica en el artículo 4, fracción I, lo siguiente:

> *…*
>
> *En el caso de barrancas profundas, "La Comisión" determinará la ribera o zona federal de corrientes o depósitos de agua, únicamente cuando la inclinación de dicha faja sea de treinta grados o menor en forma continua; …*

De acuerdo con los criterios anteriores y tomando en cuenta las características de los cauces y topografía del área del proyecto, se determinó que a lo largo del proyecto se encuentran 6 zonas

federales que ocupan una superficie de 0.5899 hectáreas. En la Tabla 9, se presenta la ubicación por cadenamiento de la obra hidráulica con la que se relaciona, el escurrimiento de SIATL a la que corresponde y la superficie correspondiente al cauce o a las fajas de zonas federales.

Tabla 9. Superficies de Zonas Federales

No.	Km	Obra hidráulica	ID Escurrimiento SIATL	Características del escurrimiento	Tipo	Superficie (ha)
1	39+607.49	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	1328628 (Río Verde)	Corriente de agua perenne, longitud= 1465.02 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0171
					Zona Federal	0.0494
2	43+413.37	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5	1326590 (Río Agua Chula)	Corriente de agua perenne, longitud= 1015.849 m, orden 5	Cuerpo de agua	0.0373
					Zona Federal	0.0919
3	46+514.46	Paso Fauna tipo losa 3 x 2.5 m	1326837 (Rio Verde)	Corriente de agua perenne, longitud= 3435.00 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0309
					Zona Federal	0.1231
4	52+595.83	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	1329803 (Río Palo Amarillo)	Corriente de agua perenne, longitud= 1699.15 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0219
					Zona Federal	0.0668
5	63+518.47	Puente Rio Verde 30 x 9 m	1327836 (Arroyo verde)	Corriente de agua perenne, longitud= 1699.15 m, orden 5	Cuerpo de agua	0.0298
					Zona Federal	0.0746
6	65+285	Losa de concreto 10 x 7 m	1326244 (Afluente de Arroyo Verde)	Corriente de agua intermitente, longitud=1372.97, orden 2	Cuerpo de agua	0.0110
					Zona Federal	0.0361
Total						**0.5899**

Cabe señalar que en el capítulo IV de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se presentan las características actuales y condiciones de los escurrimientos sobre los que se ubican dichas zonas federales.

II.1.3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA OBRA O ACTIVIDAD

Entre los principales usos de suelo que caracterizan el área del SAR se encuentran, zonas forestales que presentan vegetación de Bosque de Pino (BP), Bosque de Encino Pino (BQP), Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino Encino (BPQ) y Bosque Mesófilo de Montaña (BM), así como algunos casos de asociaciones de vegetación secundaria arbustiva.

En lo que respecta al área de influencia, los principales usos de suelo forestales son: Bosque de Oyamel (BA), Bosque de Pino (BP), Bosque de Encino Pino (BQP), Bosque de Pino Encino (BPQ) y Bosque Mesófilo de Montaña (BM).

Cabe destacar, que la vegetación que se verá afectada dentro de la línea de ceros del proyecto, únicamente corresponde a Bosque de Pino (BP) y Bosque de Pino Encino (BPQ). Dichas comunidades son descritas a detalle en el capítulo IV de la presente MIA.

A continuación, se presentan algunas fotografías panorámicas de las superficies forestales, sin embargo, para mayor detalle, favor de consultar el capítulo IV de la presente Manifestación, así como el respectivo reporte fotográfico del camino, donde se detallan las características de las superficies por intervenir, de acuerdo con su kilometraje.



Figura 12. Superficies forestales colindantes al camino

Por otro lado, también se encontraron grandes extensiones destinados a la agricultura temporal para el cultivo de maíz o flor de temporada, así como áreas de cultivos permanentes como lo son huertos de Aguacate y otras extensiones destinadas como agostaderos para el pastoreo de ganado.



Figura 13. Agricultura de temporal (Maíz)



Figura 14. Agricultura permanente (huertos)



Figura 15. Agricultura de temporal (floricultura) y usos de pastizal como agostadero para la actividad de ganadería

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA

Para la construcción del proyecto se invertirán $202,585,083.31 (doscientos dos millones, quinientos ochenta y cinco mil, ochenta y tres pesos 31/100 M.N.).

Tabla 10. Inversión del proyecto

Concepto	Inversión
Terracerías	$64,222,488.25
Estructuras	$12,331,777.01
Drenaje y subdrenaje	$734,567.65
Pavimentos	$80,071,948.04
Señalamientos	$5,503,540.66
Obras inducidas	$11,777,991.58
Importe	$174,642,313.19
I.V.A.	$27,942,770.11
Total	**$202,585,083.31**

Cabe señalar, que en el monto señalado no se incluyen los costos estimados para las medidas de mitigación, ya que se presentará mediante un estudio técnico económico a partir de las medidas de mitigación que se desprendan de la presente manifestación de impacto ambiental.

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

El proyecto consistirá en la modernización de una carretera que actualmente presenta características de tipo C, es decir, presenta 2 carriles con un ancho de calzada de 7 metros. A través del proyecto se modernizará a una carretera tipo A2, lo que significa que se reducirá el grado de curvatura, se disminuirá la pendiente gobernadora, se ampliará el ancho de calzada a 13 metros y el número de carriles serán dos, cada uno de 3.5 metros; además se construirán dos acotamientos en los extremos, cada uno de 3 metros (ver Tabla 11).

Tabla 11. Características del proyecto

Concepto	Proyecto	Unidad
Carretera	A2	Adimensional
Velocidad de proyecto	50-100	Km/h
TDPA	5,795 - 18,290	vhs
Ancho de corona (AC)	13.0	M
Ancho de calzada	7.0	M
Espesor de sub-base más base	0.34	M
Espesor de pavimento	0.42	M
Curvatura máxima	3°15' - 21°30'	°
Pendiente gobernadora	4 - 6	%
Pendiente máxima	-5.11 a 5.32	%
Longitud	43.93	Km
Superficie de línea de ceros	126.20	Ha
Superficie DDV actual	177.49	Ha
Superficie DDV por adquirir	11.84	Ha

Las ampliaciones irán a ambos lados del camino existente, tal como se observa en las secciones tipo que a continuación se presentan y las afectaciones se acotarán a la línea de Ceros del proyecto.

- Subtramo del Km 29+311.6 al Km 30+000

La ampliación se dirigirá hacia el lado derecho del camino, en el sentido que progresa el kilometraje, en este tramo el principal uso de suelo que se observa en las áreas por afectar es el bosque de pino, sin embargo, para mayor detalle, se pueden consultar los polígonos forestales de la superficie que será sometida a cambio de uso de suelo.

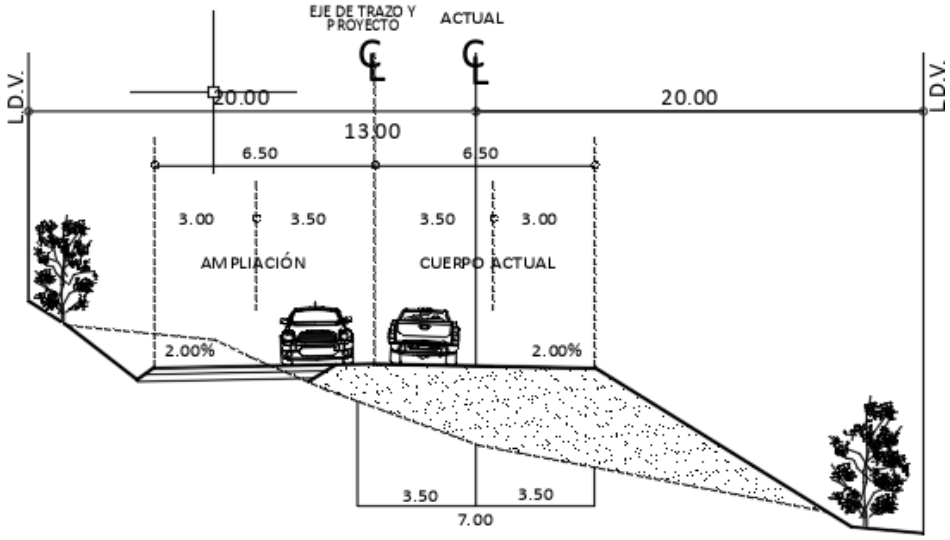


Figura 16. Sección tipo del Km 29+311.6 al Km 30+000

- Subtramo del Km 30+000 al Km 34+500

La ampliación se mantendrá en su gran mayoría sobre el hombro derecho del camino. En este caso los principales usos de suelo por afectar serán bosque de pino y áreas de uso agrícola.

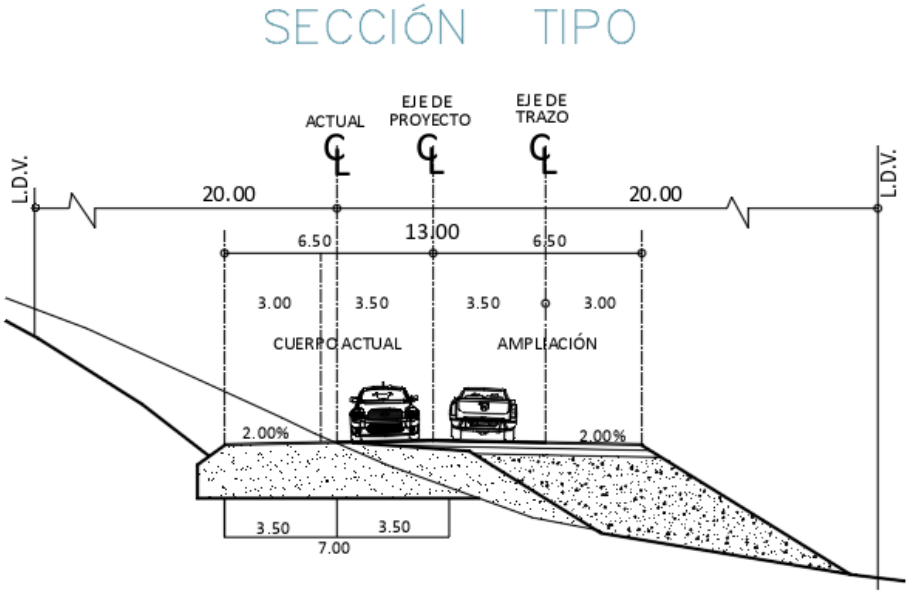


Figura 17. Sección tipo del Km 30+000 al Km 34+500

- Subtramo del Km 34+500 al Km 70+000

En este subtramo, se realizarán ampliaciones a ambos lados del camino, tal como se especifica en la Tabla 12, donde además se señalan los principales usos de suelo sobre los que se realizarán las modernizaciones.

Tabla 12. Ampliaciones dentro del subtramo del Km 34+500 al Km 70+000

Subtramo	Hombro del camino sujeto a ampliación	Principales usos de suelo
34+500-37+800	Lado izquierdo	Bosque de pino/Casas
37+800-38+500	Lado derecho	Bosque de pino/Casas
38+500-39+800	Lado izquierdo	Bosque de pino/Casas
39+800-41+800	Lado derecho	Bosque de pino/Casas
41+800-45+000	Lado izquierdo	Agrícola, Bosque de pino/Casas
45+000-47+100	Lado derecho	Casas, Bosque de pino, Bosque de pino-encino
47+100-60+400	Lado izquierdo	Agrtícola, Bosque de pino-encino, Casas
60+400-64+200	Lado derecho	Bosque de pino-encino, Casas
64+200-70+000	Ambos lados	Bosque de pino-encino

La sección tipo del Km 34+500 al Km 70+000 es la siguiente.

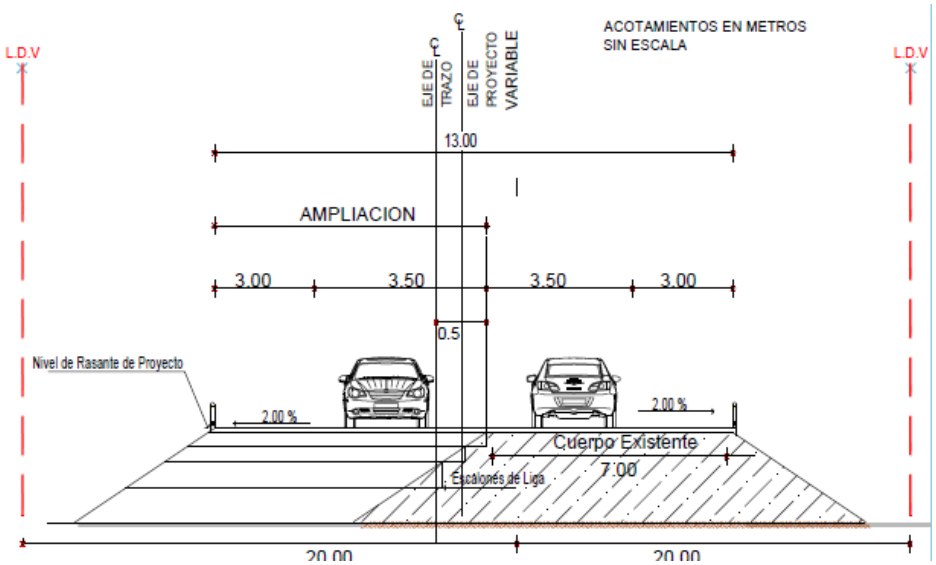


Figura 18. Sección tipo del Km 34+500 al km 70+000.

Cabe señalar que, en este subtramo, a partir del Km 66+800 y hasta el siguiente subtramo, en el Km 71+300, NO SE REALIZARÁN AMPLIACIONES, debido a la cercanía de las casas con el camino, lo que no permite la ampliación de la sección tipo. Por lo que la modernización consistirá solamente en la modernización de obras hidráulicas con tubos menores a 1.2 metros de diámetro, en los que serán precisamente sustituidos con tubos de concreto de dichas dimensiones. Además, se realizará el re encarpetado de toda la superficie dentro del ancho de corona.

- Subtramo del Km 70+000 al Km 71+733.43

En este subtramo las ampliaciones comenzarán a partir del Km 71+300 hasta el Km 71+733.43 y serán a ambos lados del camino tal como se observa en la Figura 19.

El uso de suelo principal por afectar en este subtramo es bosque de pino-encino.

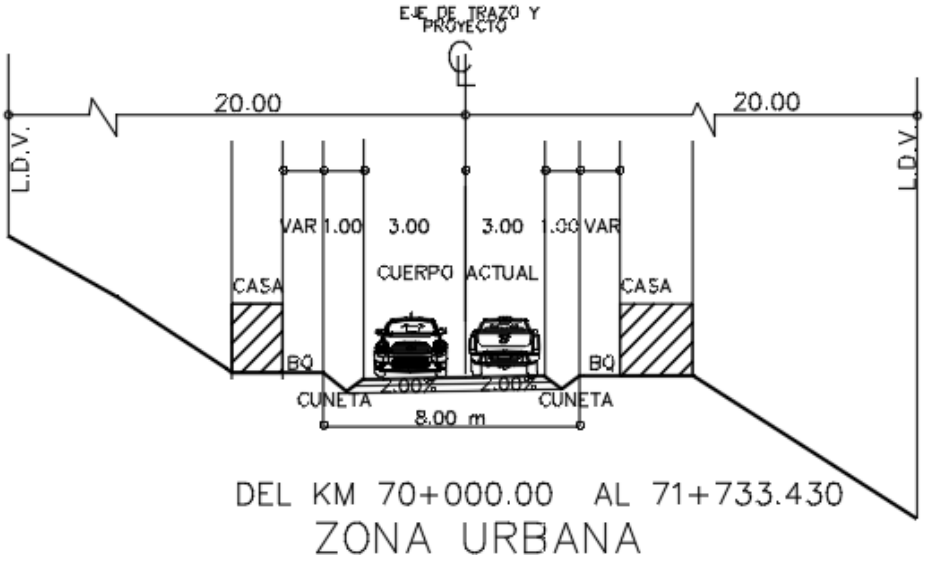


Figura 19. Sección tipo del Km 70+000 al Km 71+733.43

- Subtramo del Km 71+500 al Km 72+840

A lo largo de los kilómetros de este subtramo la ampliación será dirigida sobre el lado izquierdo del camino actual, tal como se aprecia en la sección tipo siguiente. Al igual que en el subtramo anterior, se afectará bosque de pino-encino.

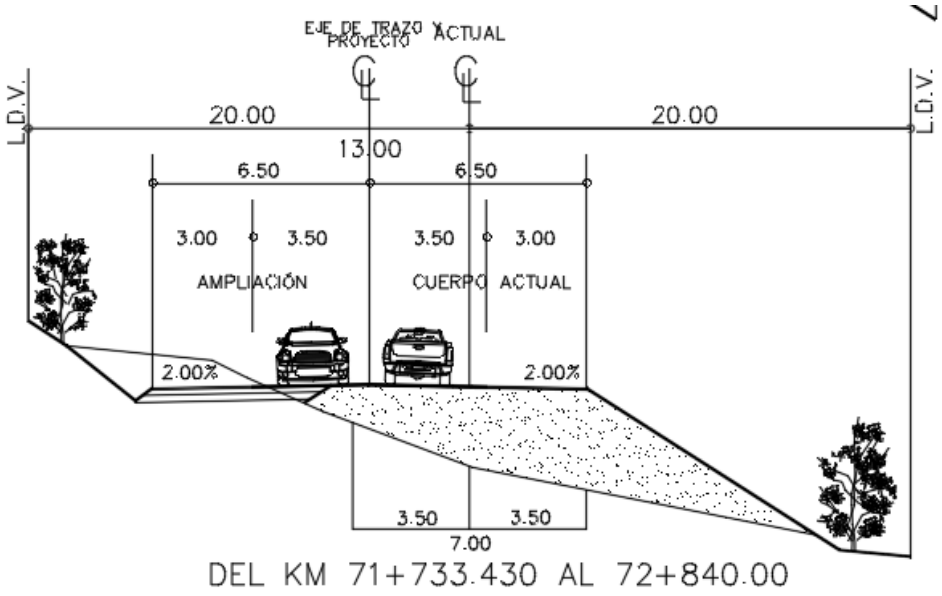


Figura 20. Sección tipo del Km 71+733.43 al Km 72+840

- Sección tipo del Km 72+800 al Km 74+550.56

En el último tramo, las actividades que se realizarán serán principalmente sobre el lado derecho del camino. Las superficies están caracterizadas por vegetación de pino-encino que se afectará con la modernización.

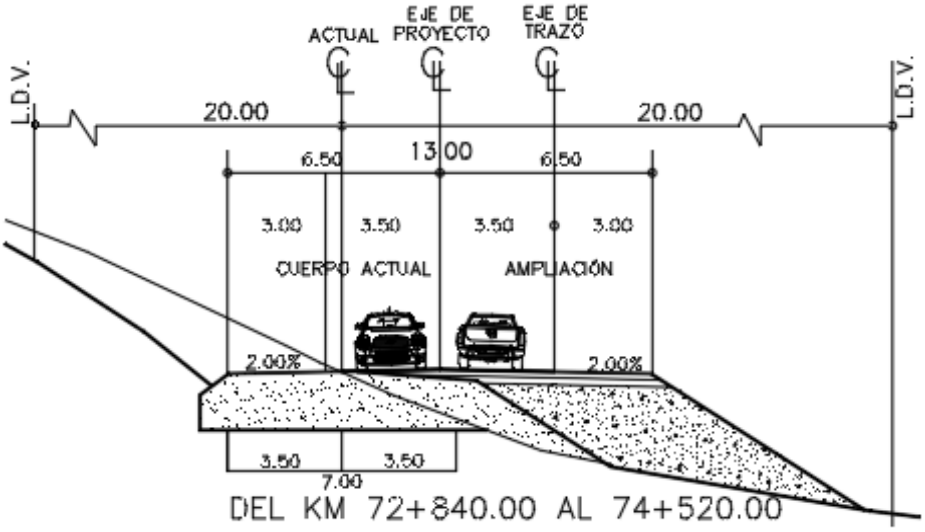


Figura 21. Sección tipo del Km 72+840 al Km 74+550.56

II.2.1 OBRAS ASOCIADAS

Para la correcta operación del camino, será necesario adecuar diez entronques a nivel que se encuentran a lo largo del camino (ver Tabla 13), para permitir la incorporación y salida de vehículos de las localidades vecinas a las que se beneficiará con el proyecto.

Tabla 13. Listado de obras asociadas (entronques)

No.	Nombre	Ubicación	Km Inicio	Km Fin
1	Mesón Viejo	Inicio	34+037.26	34+579.62
2	San Francisco Oxtotilpan	Inicio	39+480	39+900
3	Valle de Bravo	Inicio	40+200	40+559.33
4	San Mateo Almoloa	Inicio	40+860	41+340
5	La Comunidad I	Inicio	44+400	44+840
6	La Comunidad II	Inicio	44+840	45+340
7	San Antonio A.	Inicio	45+641.80	46+320
8	San Sebastián C. I	Inicio	58+331.62	58+804.08
9	San Sebastián C. II	Inicio	60+240	60+810.23
10	Tehuastepec	Inicio	66+504.41	66+819.76

La modernización de estos entronques consistirá en alineaciones, ampliaciones acordes con las secciones del camino, creación de gasas de acceso y salida y nivelaciones de acuerdo con la rasante del proyecto.

En las siguientes imágenes se presentan los entronques señalados, de acuerdo con los tramos en los que se ubican.

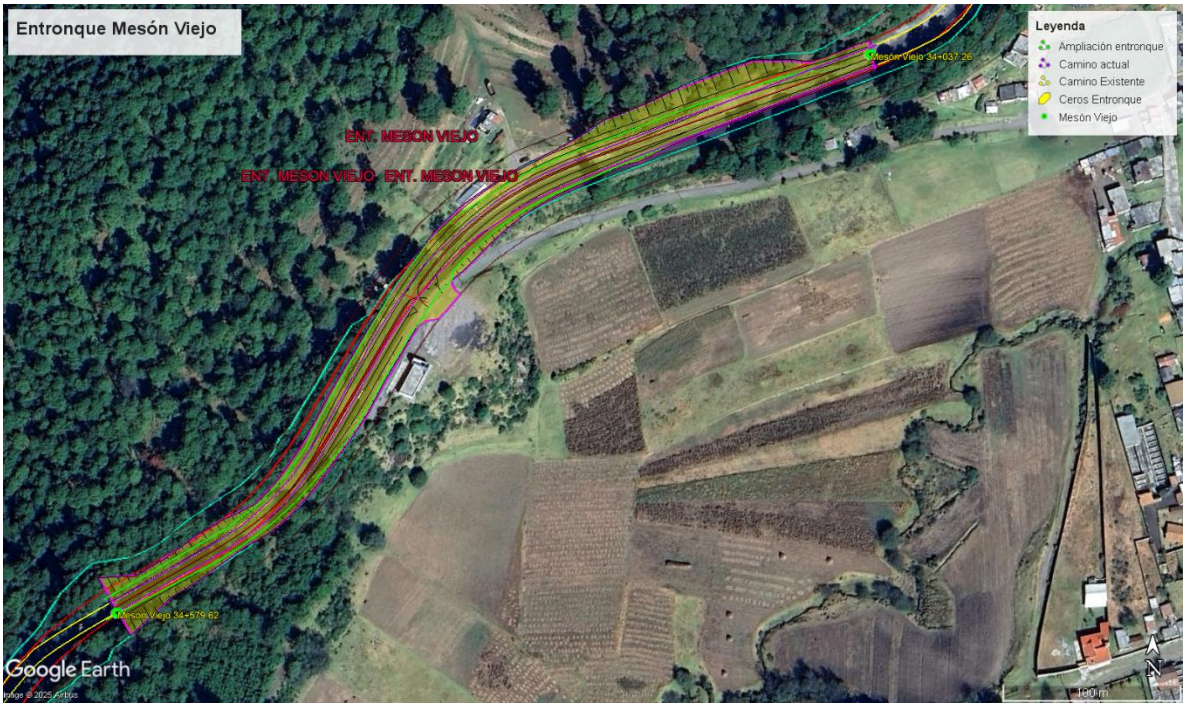


Figura 22. Entronque a nivel Mesón viejo (Km 34+037.26 – Km 34+579.62)



Figura 23. Entronque a nivel San Francisco Oxtotilpan (Km 39+480 – Km 39+900)

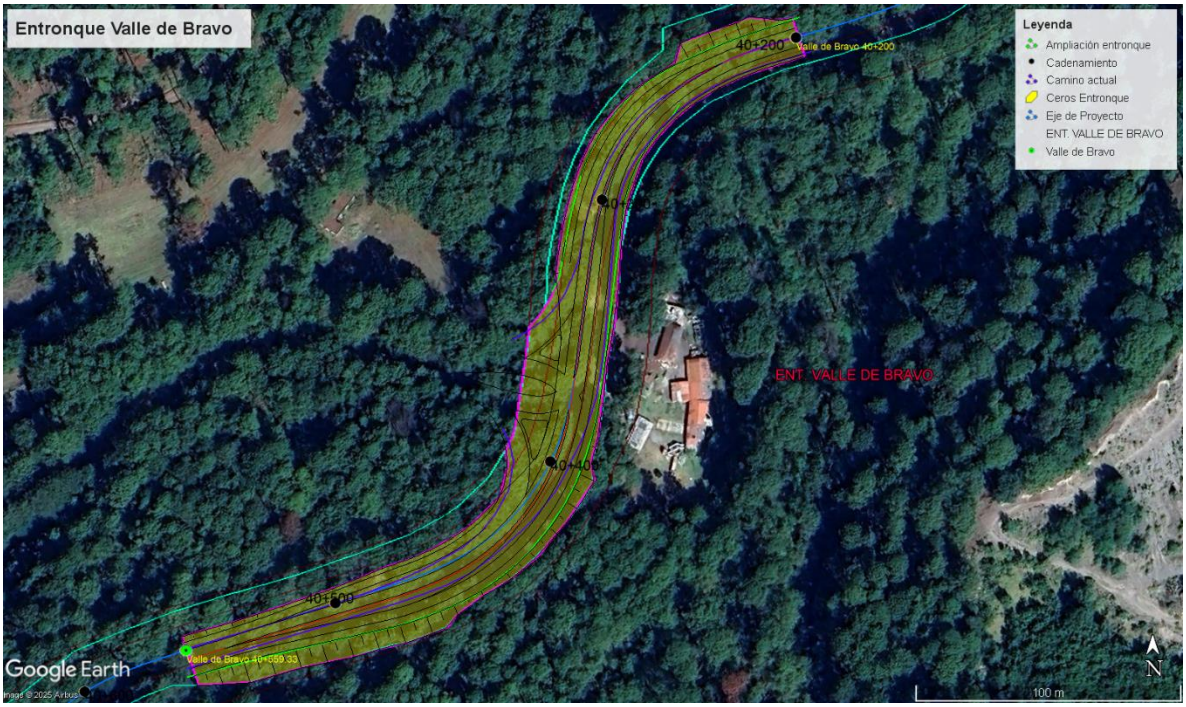


Figura 24. Entronque a nivel Valle de Bravo (Km 40+200 – Km 40+559.33)

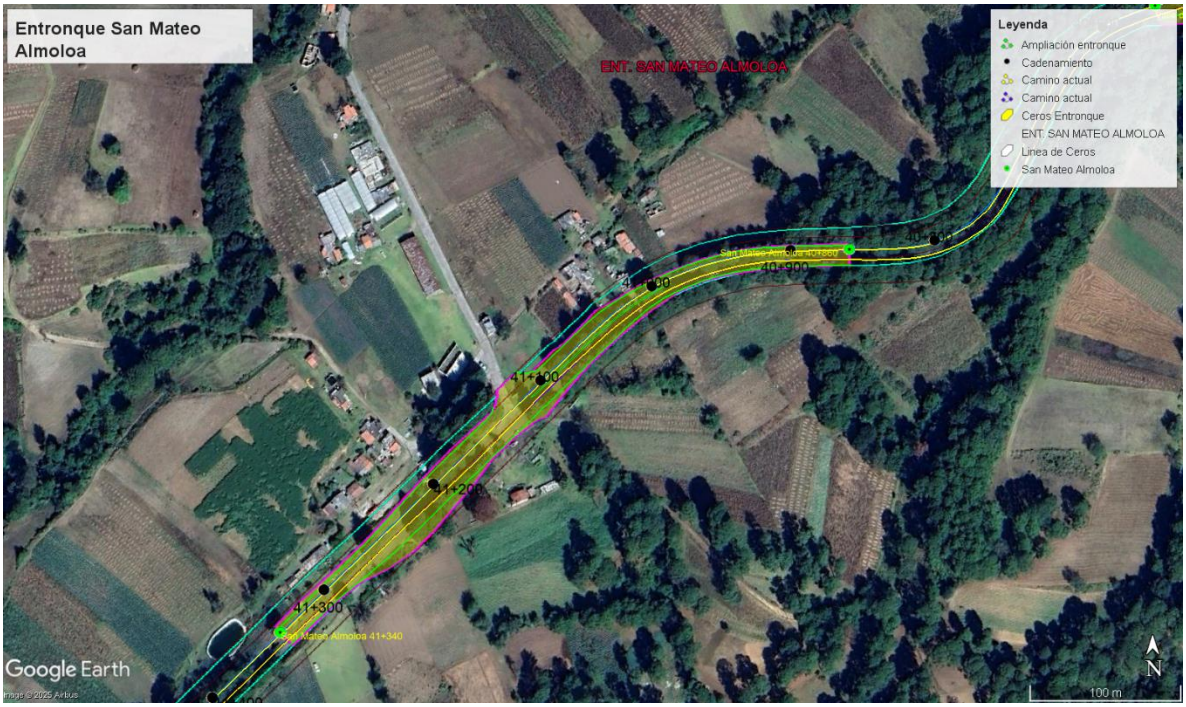


Figura 25. Entronque a nivel San Mateo Almoloa (Km 40+860 – Km 41+340)

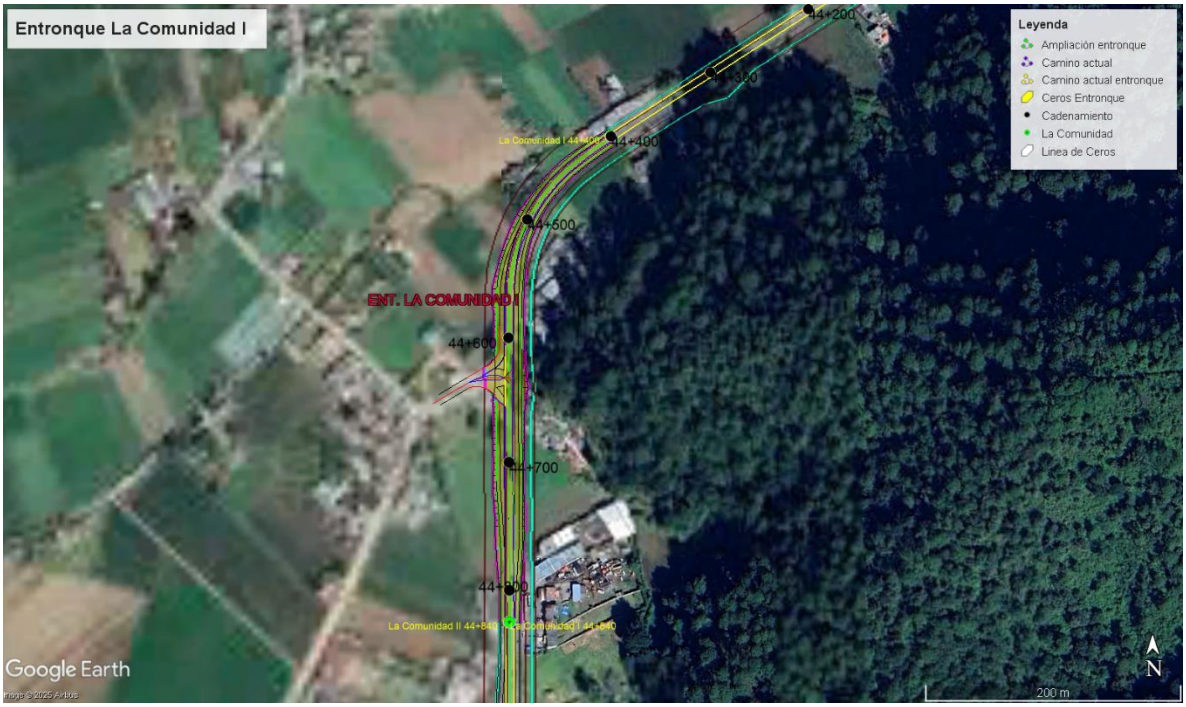


Figura 26. Entronque a nivel La Comunidad I (Km 44+400 – Km 44+840)



Figura 27. Entronque a nivel La Comunidad II (Km 44+840 – Km 45+340)

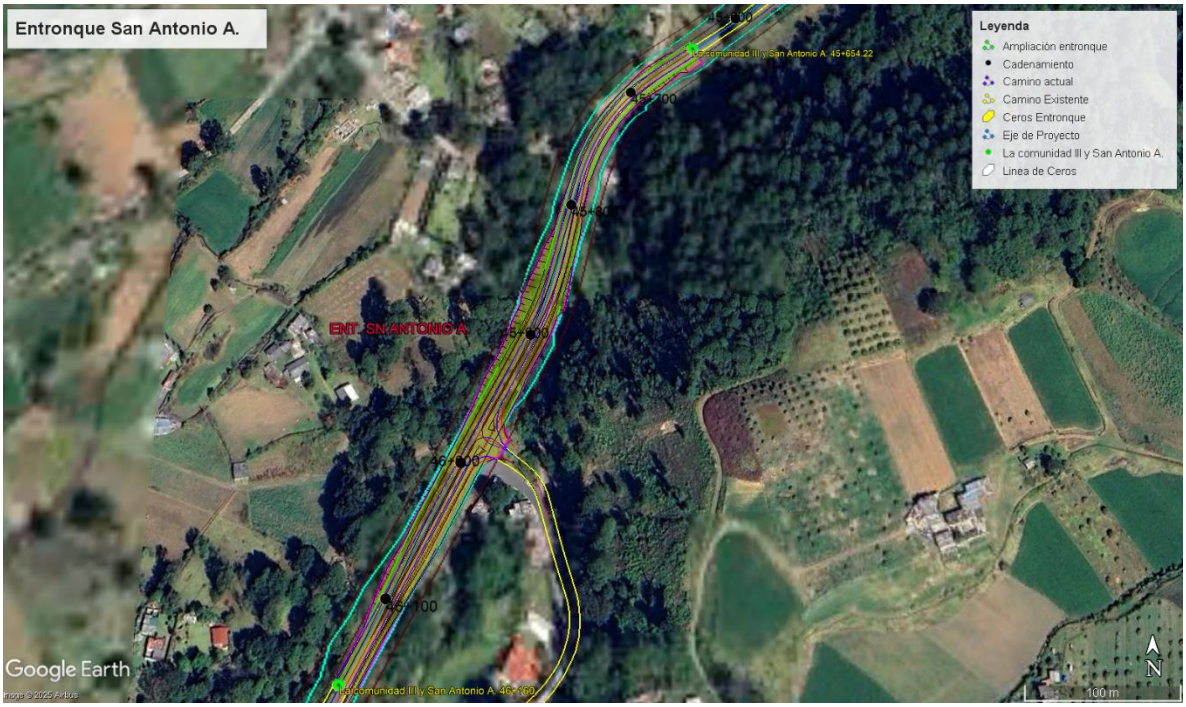


Figura 28. Entronque a nivel San Antonio A. (Km 45+641.8 – Km 46+320)

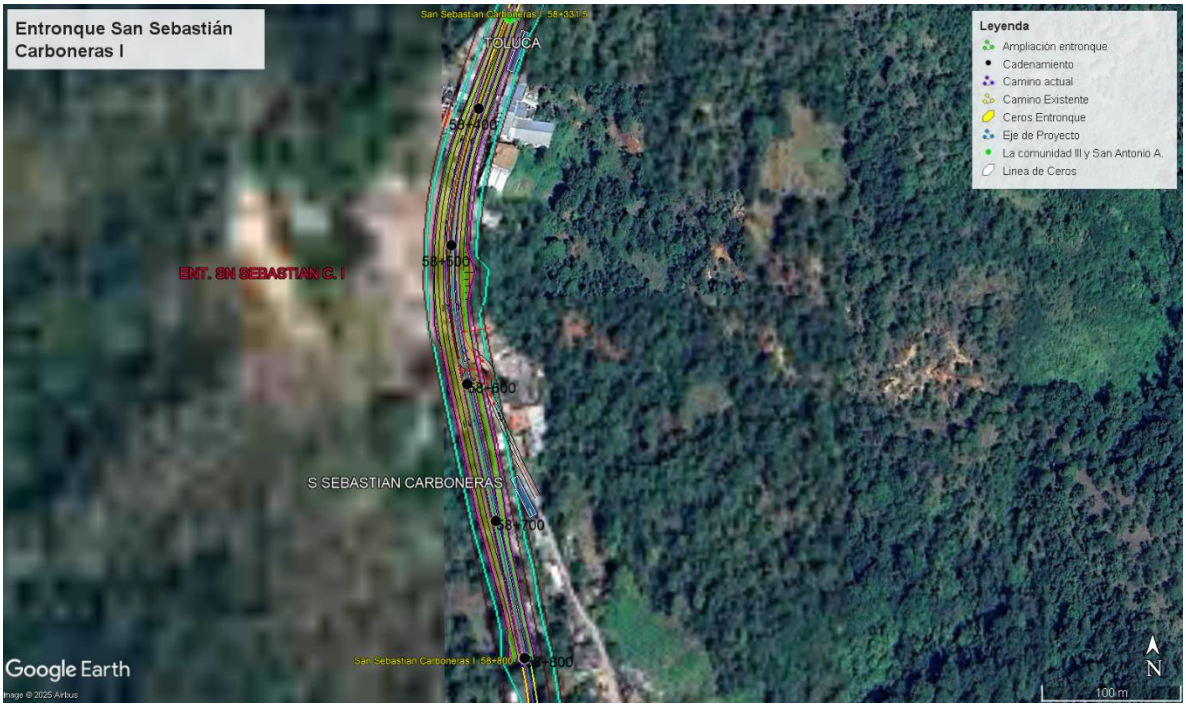


Figura 29. Entronque a nivel San Sebastián C. I (Km 58+331.62 – Km 58+804.08)

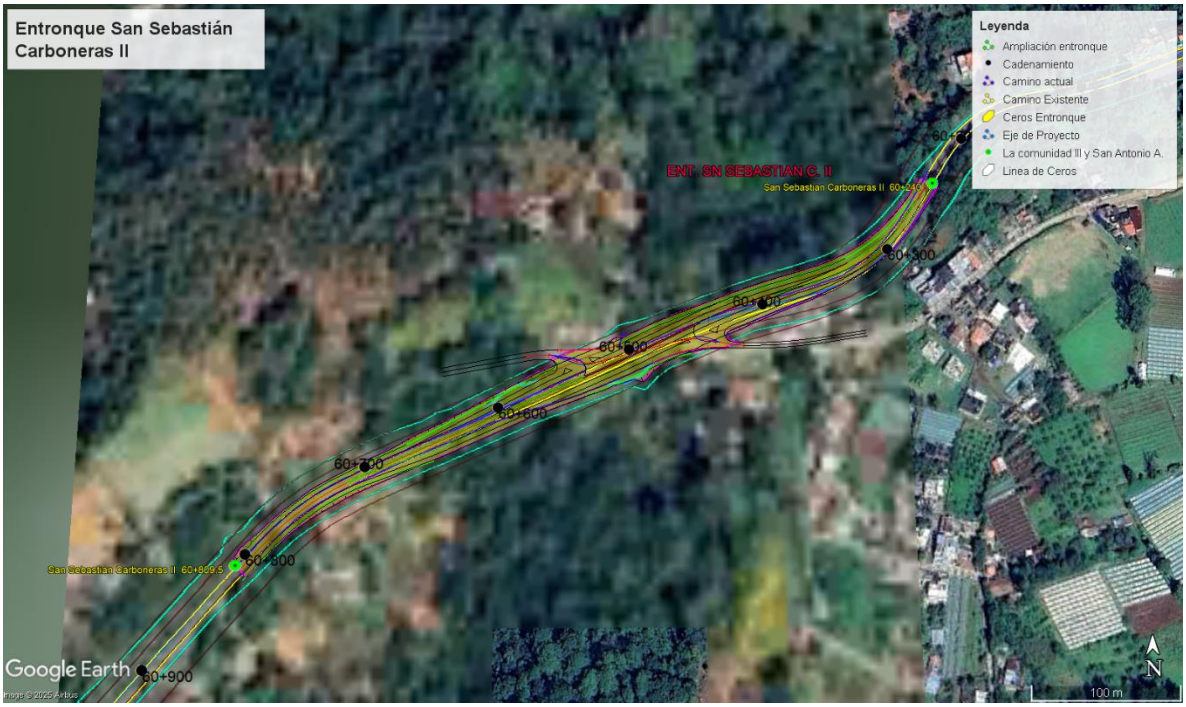


Figura 30. Entronque a nivel San Sebastián C. II (Km 60+240 – Km 60+810.23)

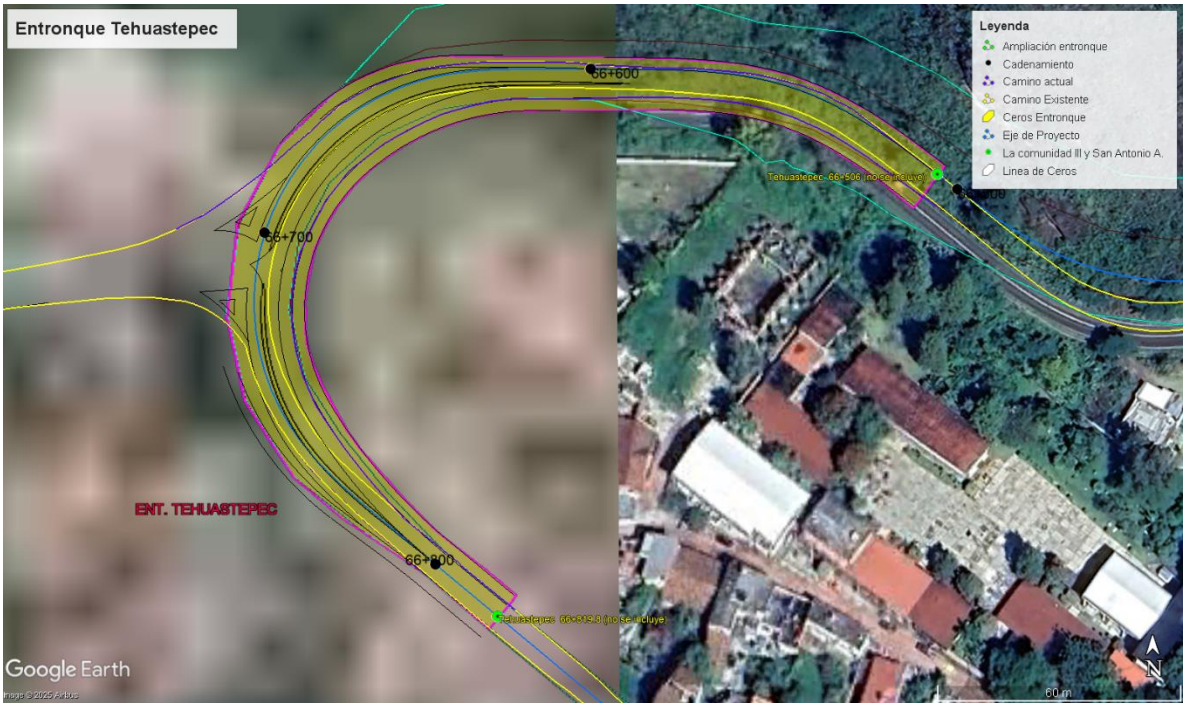


Figura 31. Entronque a nivel Tehuastepec (Km 66+504.41 – Km 66+819.76)

En el apartado, “superficies de afectación, se presentan las superficies correspondientes a las obras de dichos entronques.

II.2.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS HIDRÁULICAS

DISEÑO DE TUBOS DE CONCRETO

Se realizará la colocación de 167 tubos de concreto de 1.2 y 1.5 metros de diámetro, de los cuales, 127 serán reemplazos, 39 nuevas instalaciones y 1 que se mantiene. Para los cuales se realizará el enrase del terreno para igualar la pendiente acorde con la de la carretera.

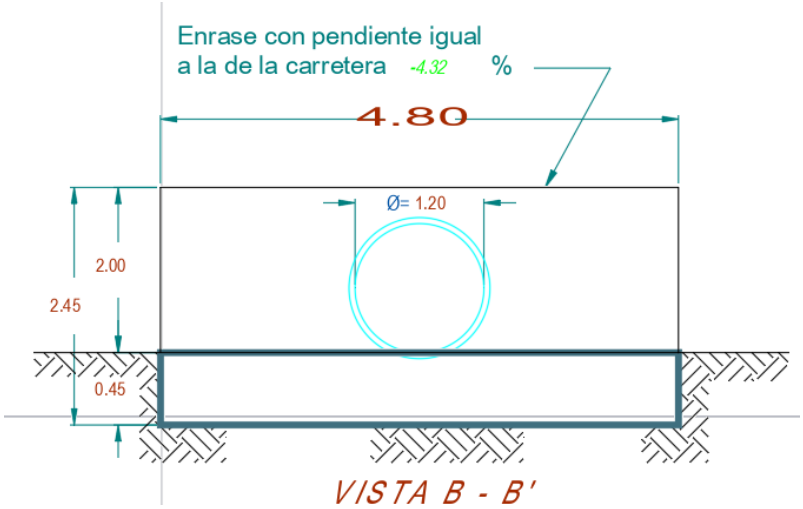


Figura 32. Vista B-B de enrase de tubería

El relleno de arrope será compactado al 95% con material calidad subrasante, en capas simétricas de 20 cm de espesor. La plantilla será de relleno fluido o material granular de 1.45 cm.

En el caso de que el desplante de la obra no quede en terreno firme, el relleno bajo esta deberá de realizarse con material de calidad subrasante y será compactado al 98% de su PVSM según prueba de Proctor estándar, con material calidad subrasante.

Para el relleno de arrope, se realizará un colchón de 1.2 metros en los hombros del tubo y de 1.0 sobre el tubo.

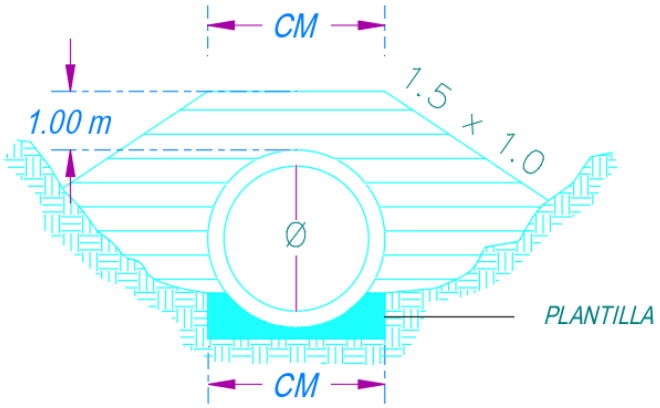


Figura 33. Sección de arrope

En los extremos se construirán muros cabezote, para los cuales se realizará la colocación de acero de refuerzo y se empleará concreto simple f'c=150 kg/ cm2.

El muro cabezote trabaja como un muro de sostenimiento y evita la erosión del terraplén o corte.

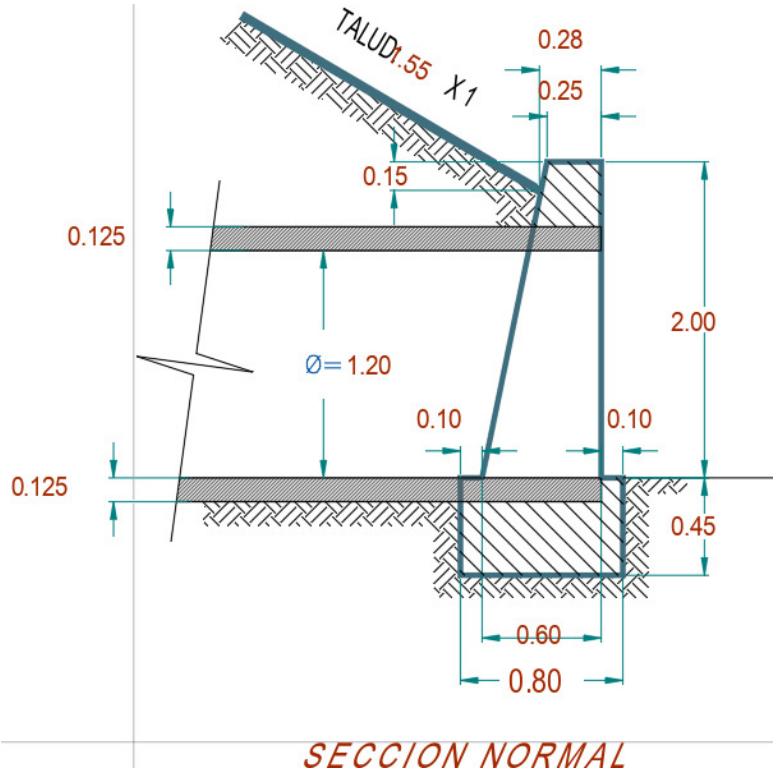


Figura 34. Sección normal de tubo de concreto

Debido a la topografía, se construirá la canalización de la entrada de las obras para no perder la dirección correcta del flujo, dicha canalización contará con un espesor de 0.10 a 0.20 m de espesor como máximo, el ancho se podrá ajustar dependiendo de la canalización o la excavación aguas arriba. La longitud de dicha canalización tendrá como mínimo la longitud del muro cabezote para hacer la conexión.

Dicha canalización se hará con concreto con una resistencia de f'c= 150 Kg/cm2.

Además, se implementarán cajas de captación rompedoras de presión, ya que es una de las maneras es reducir la velocidad del escurrimiento en la parte baja de los cortes con la finalidad de captar los escurrimientos dirigidos provenientes de las partes altas y que bajan hacia el camino y el drenaje longitudinal (cunetas).

Las cajas de captación deberán tener las dimensiones necesarias para alojar el tubo proyectado, se deberá considera la longitud de la cuneta de 1.0 m, el talud de la cuneta 3 por 2 y profundidad de cimiento de 0.45 m y coronamiento de muros de 30 cm.

El vertedor de la caja se deberá construir únicamente del lado aguas arriba.

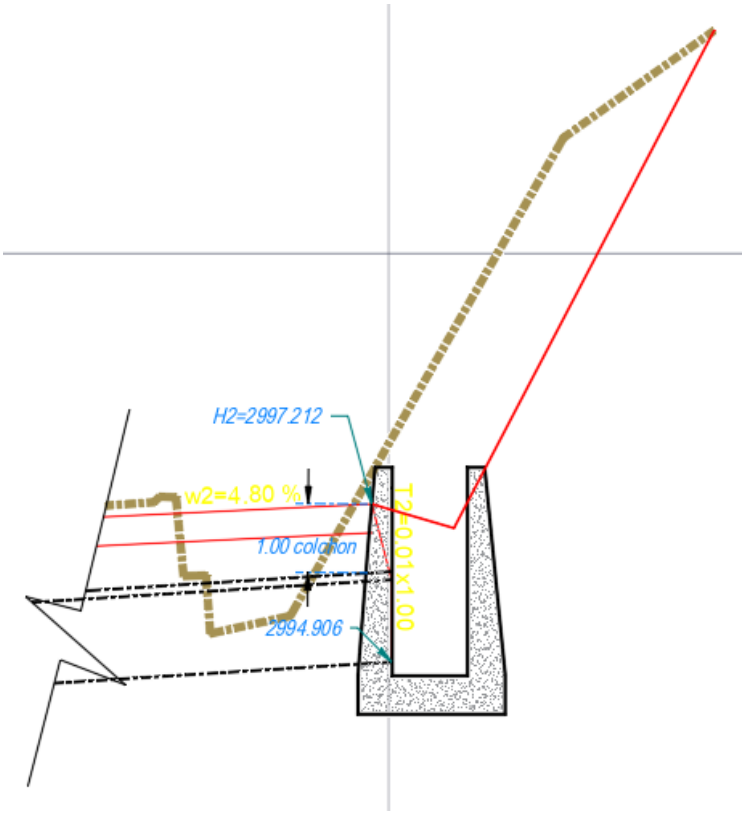


Figura 35. Ubicación de cajas de captación aguas arriba

El concreto de las cajas será de una resistencia f'c=150 Kg/cm2 reforzado con un armado de acero.

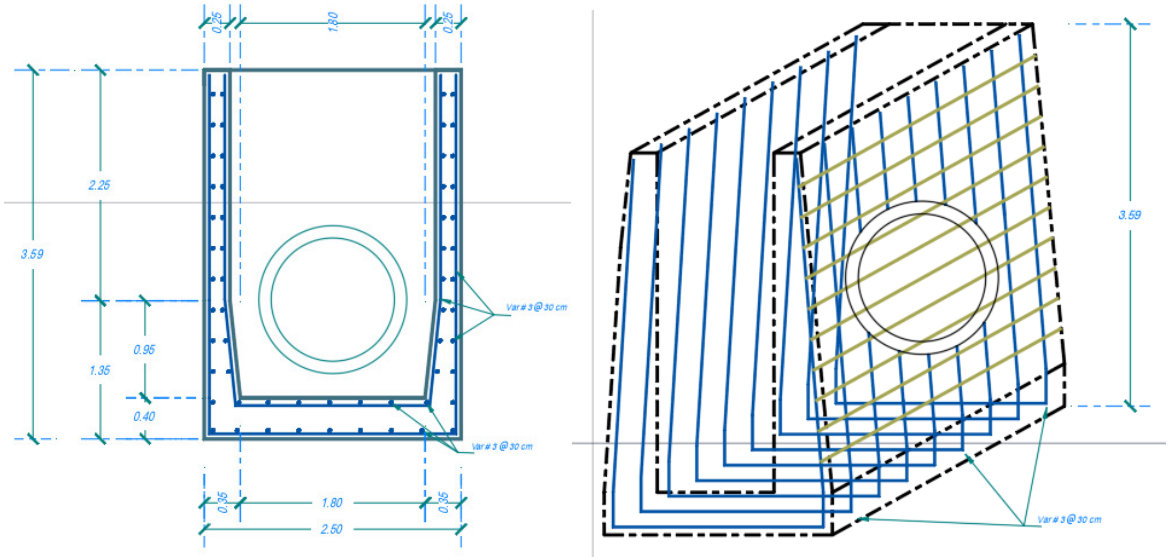


Figura 36. Características de caja de entrada

Las salidas de la obra serán canalizadas, es decir, aguas abajo, se realizará la colocación de una plantilla de concreto f0c=150 Kg/cm2.

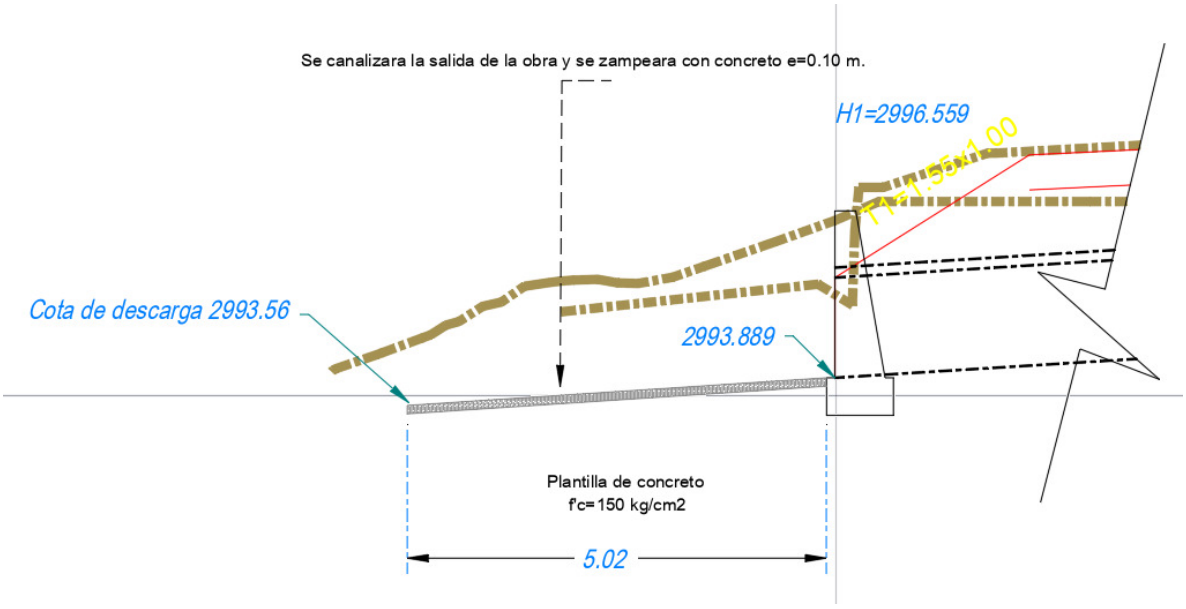


Figura 37. Canalización de salidas

Para el zampeado se utilizará malla electrosoldada de 10 por 10 m para provocar resistencia.

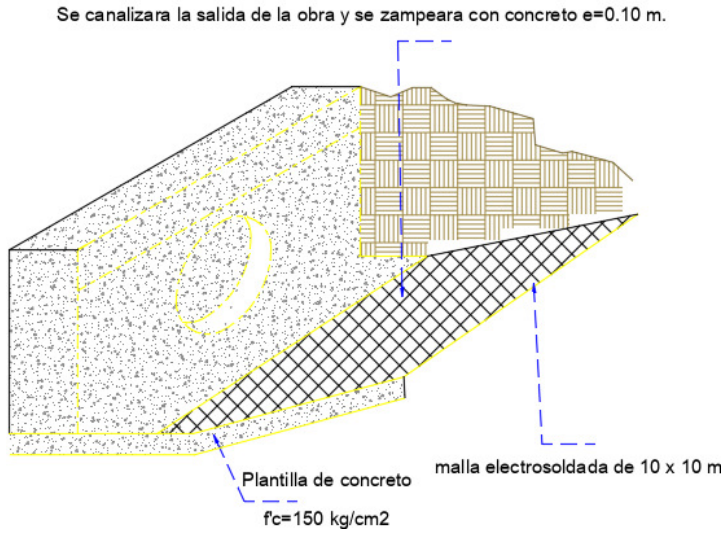


Figura 38. Canalización y zampeado de entradas y salidas

En la Figura 37, se observa la vista en planta de los tubos de concreto, junto con las adecuaciones de entrada y salida antes descritas, así como las dimensiones en muros cabeceros y su disposición respecto al eje del proyecto.

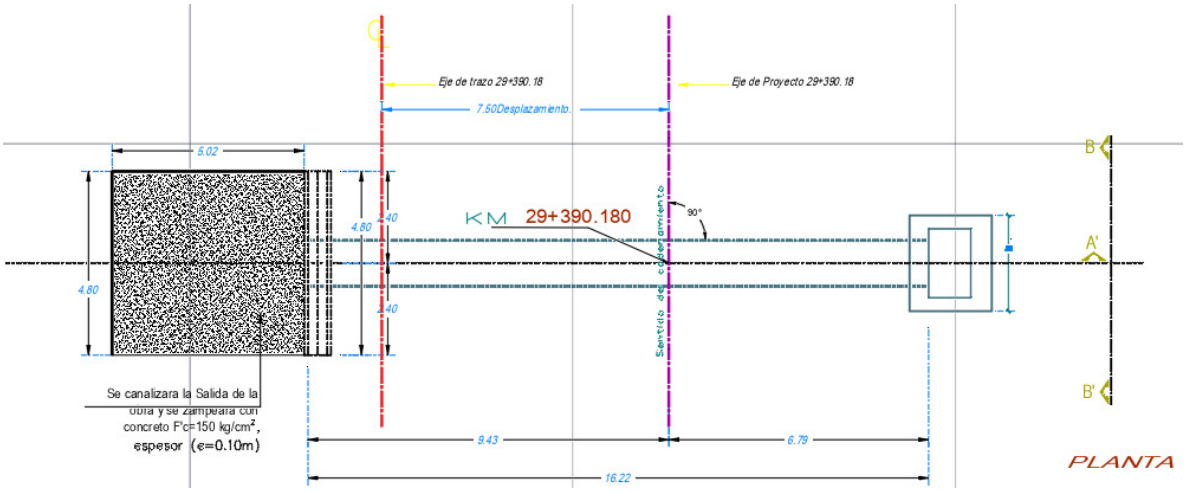


Figura 39. Canalización y zampeado de salidas

La pendiente de los tubos será de 0.50% como mínimo y se procurará que siga la pendiente general del terreno, pero no mayor de 45% y si esto sucede se colocarán muros de anclaje con una separación de 10 m transversalmente. El gasto máximo que puede drenar cada tubo fue calculado con la metodología usada basándose en la pendiente media del cauce, método racional Vente Chow.

En la Figura 40, se presenta el diseño estructural general que tendrá la mayoría de las tuberías de concreto.

Sólo cabe señalar, que las cajas de captación se realizarán cuando la sección del camino presente cortes aguas arriba, en el caso de ser zonas de pendientes bajas, sólo se realizarán canalizaciones en entradas y salidas con las plantillas de concreto.

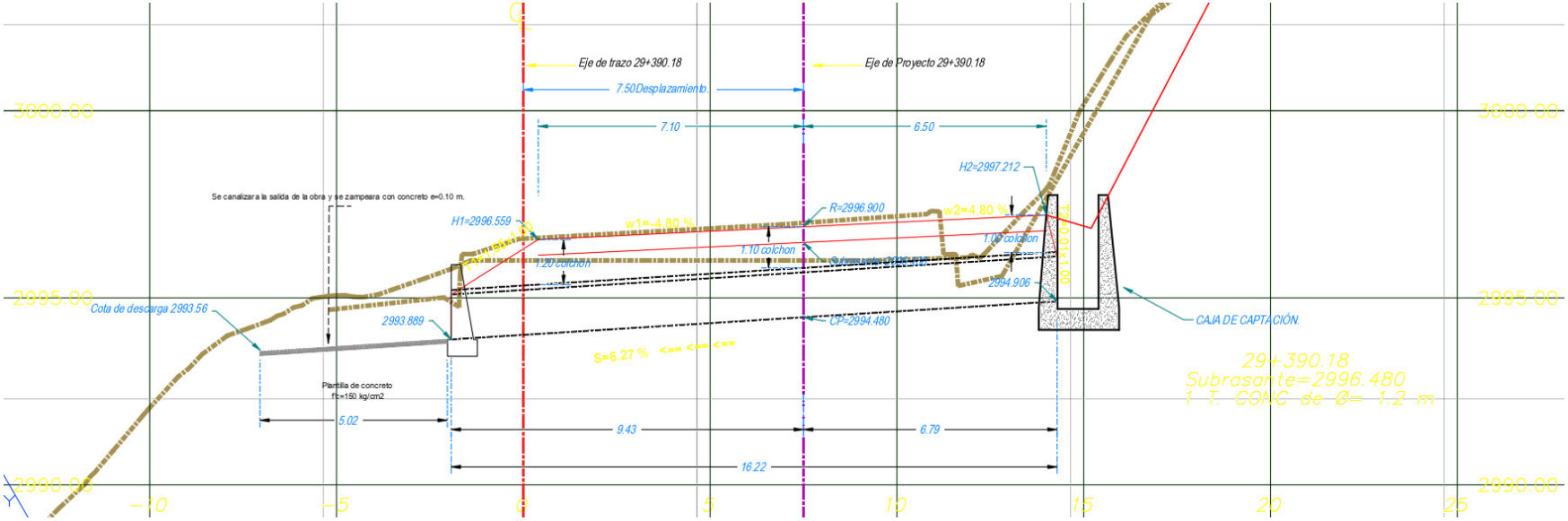


Figura 40. Perfil estructural de tuberías de concreto

DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO

Las alcantarillas transversales tipo losas serán de concreto con resistencia f'c= 200 Kg/cm2.

Inicialmente se realizarán excavaciones para luego colocar una plantilla de concreto simple f'c= 100 Kg/cm2 y 10 cm de espesor.

Cada losa presentará estribos a las entradas y salidas con acero de refuerzo y concreto con resistencia f'c= 150 Kg/cm2. Asimismo, se construirán guarniciones con esfuerzo unitario de f'c= 150 Kg/cm2.

En la parte inferior se colocará un colchón de 0.52 metros en la parte superior de las losas.

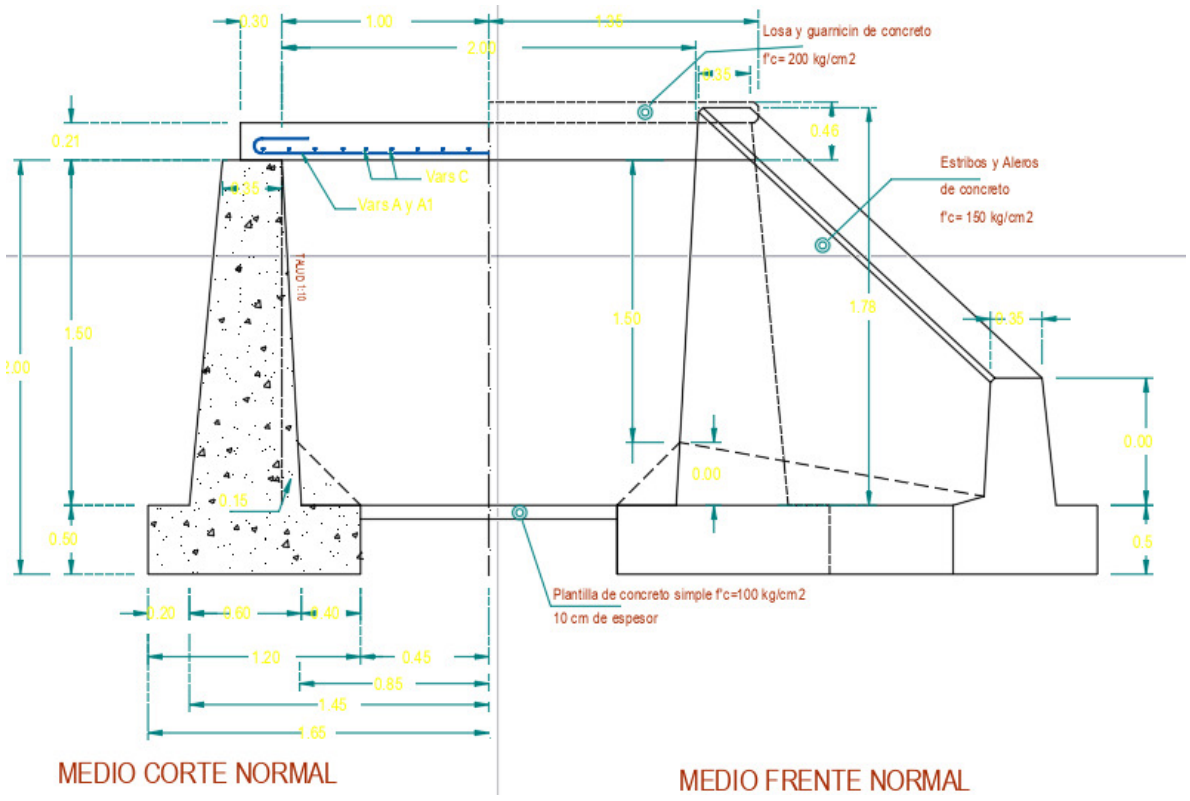


Figura 41. Especificaciones de diseño de la losa, estribos, aleros y plantilla de concreto

Cada losa tendrá una pendiente de 7.56% y a las entradas y salidas se harán canalizaciones y se zampeará con concreto f'c= 150 Kg/cm2 con espesor de 10 cm.

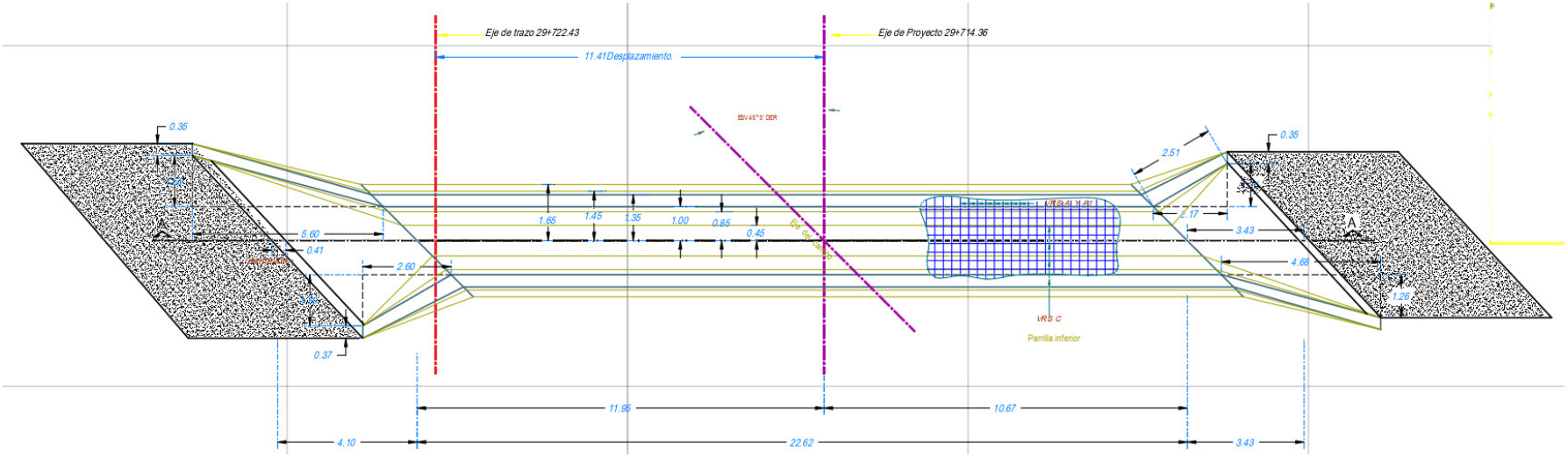


Figura 42. Vista en planta del diseño de losas de concreto

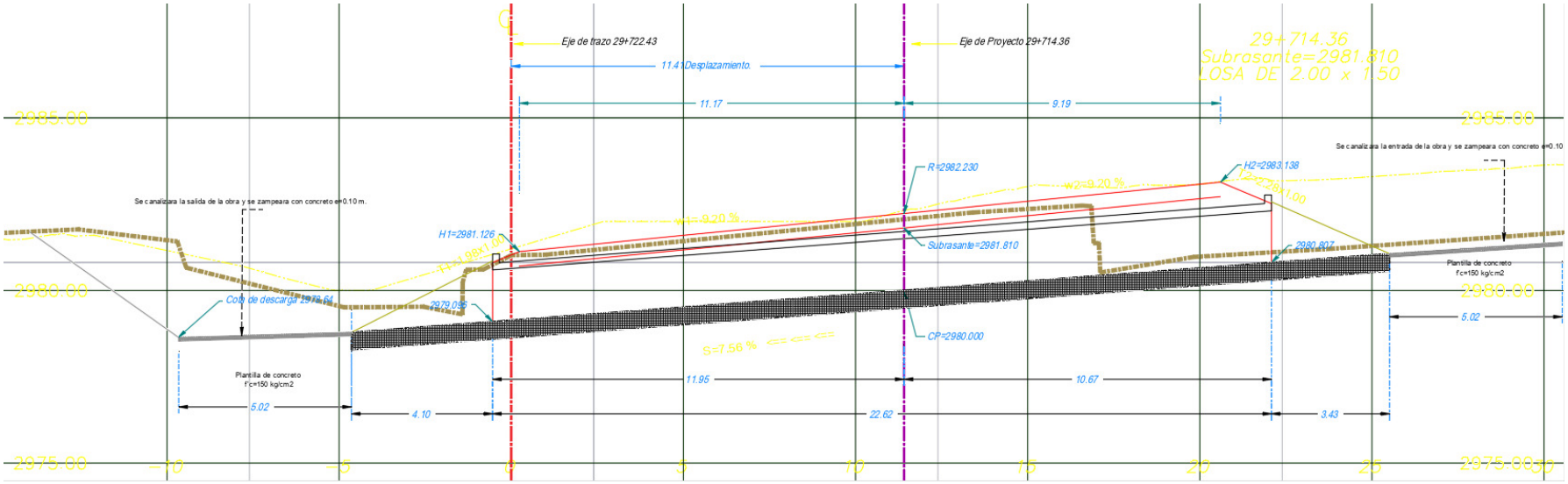


Figura 43. Vista en perfil del diseño de losas de concreto

DISEÑO DE CAJONES DE CONCRETO PREFABRICADO

Como ya se señaló en el apartado II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO, se realizará la sustitución con 3 cajones de concreto prefabricado de 2 metros de longitud por 1.2 metros de altura.

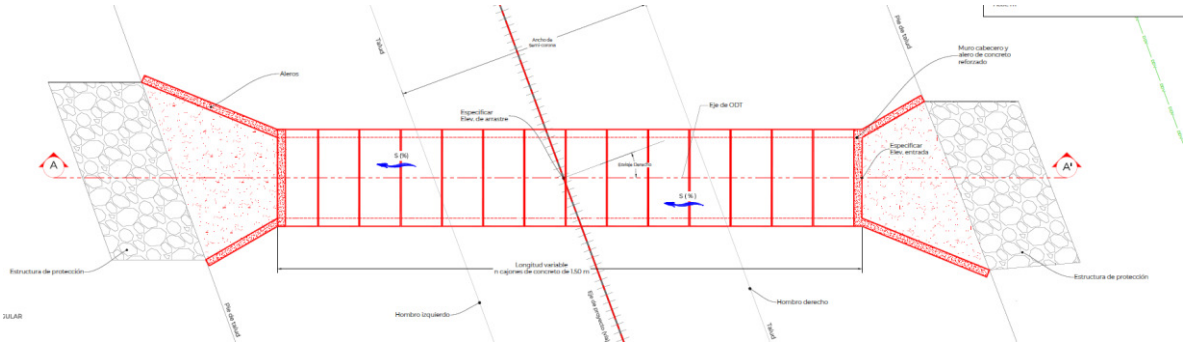


Figura 44. Vista en planta de cajones de concreto prefabricado

Los cajones serán colocados sobre una cama de arena de 10 cm de espesor, compactada al 98% de su PVSM según prueba de Proctor estándar, y con una pendiente longitudinal interna variable a la topografía del terreno orientada hacia el portal de salida para garantizar el adecuado escurrimiento hidráulico, también se realizará el arrope de los cajones prefabricados con material similar al del terraplén compactado, en capas de 15 cm de espesor.

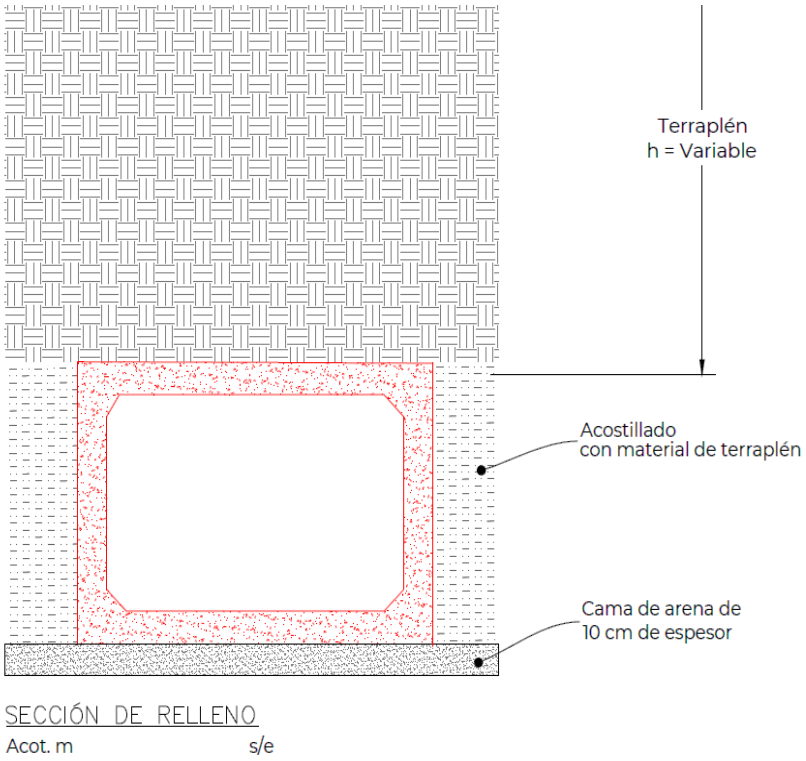


Figura 45. Sección de relleno de cajón prefabricado

DISEÑO DE BÓVEDAS

Se realizará el reemplazo de 3 obras hidráulicas con bóvedas, 1 más será ampliada y dos se mantendrán con las características actuales, esto da un total de 6 bóvedas en el tramo sujeto a modernización. En la Figura 47, se presenta el diseño de las bóvedas en su vista desde la parte lateral del camino, tanto las obras por reemplazar, como la sujeta a ampliación tendrán una altura de estas será de 2.5 metros por tres metros de ancho, al fondo se construirá una plantilla de concreto simple f'c= 100 Kg/cm2 de 10 metros de espesor.

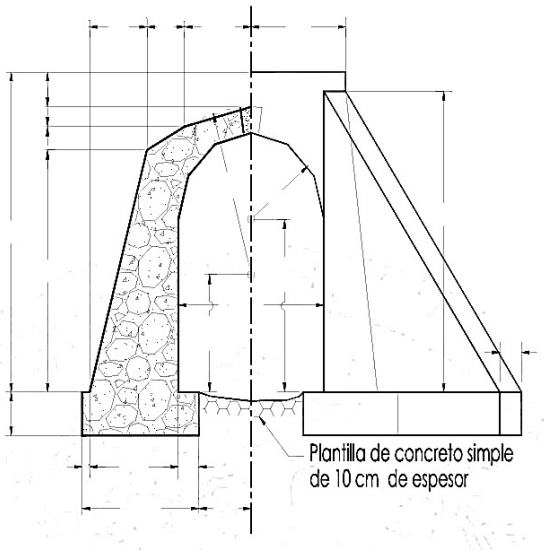


Figura 46. Vista en corte A-A del diseño de bóvedas

Tanto en entradas como salidas se construirán dentellones y se realizará un zampeado con concreto f'c= 150 Kg/cm2 con espesor de 10 cm.

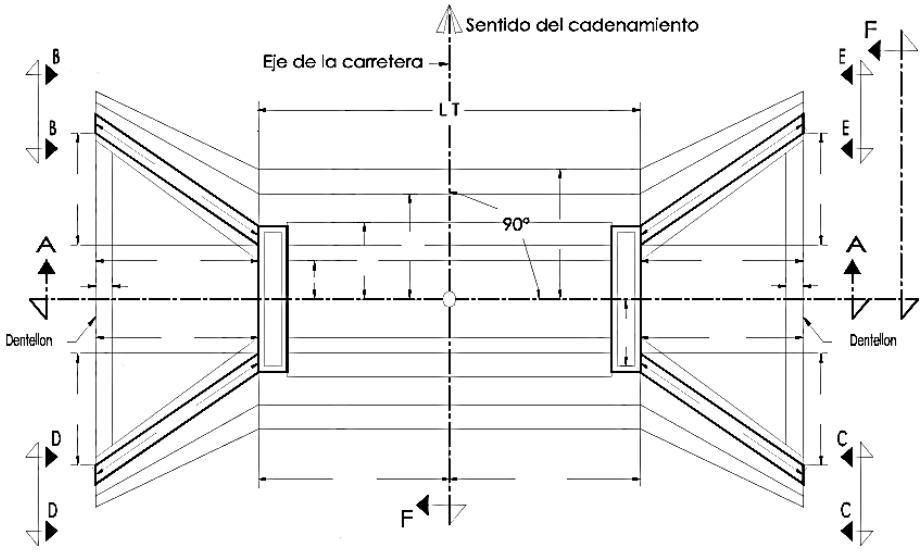


Figura 47. Vista en planta del diseño de bóvedas

Sobre la losa se colocará el colchón del terraplén que será de espesor variable, de acuerdo con los niveles de la rasante que se presenten en el sitio de cada bóveda.

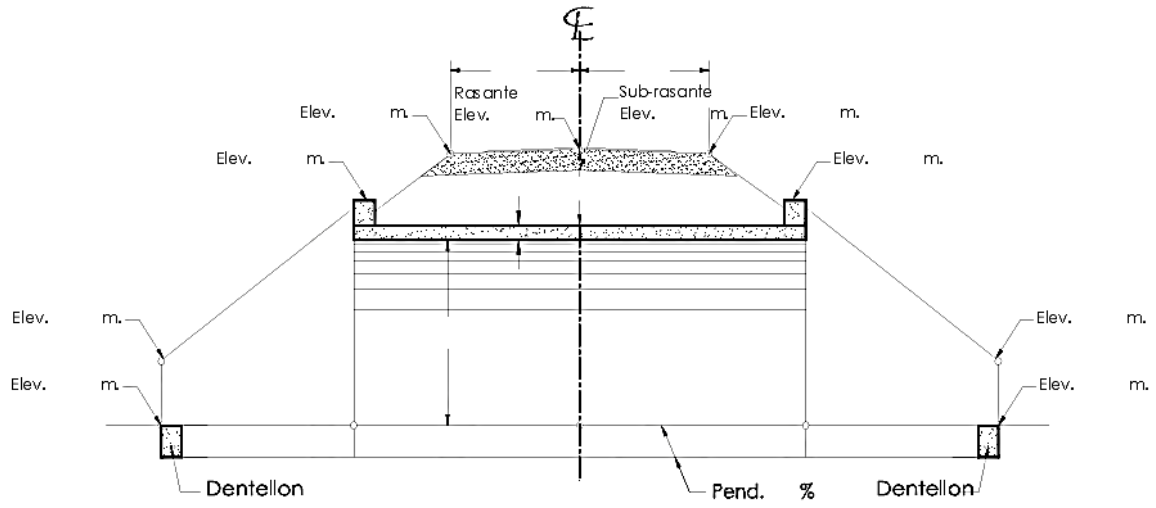


Figura 48. Diseño en elevación de la bóveda

Cabe señalar que las bóvedas que serán construidas o ampliadas fungirán como pasos de fauna, los detalles se presentan en los apartados correspondientes a este grupo biológico dentro de la presente manifestación de impacto ambiental.

Las ubicaciones de las bóvedas quedaron descritas en el apartado II.1.3.1 REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL.

OBRAS MAYORES

AMPLIACIÓN DEL PUENTE KM 63+520 (PUENTE RÍO VERDE)

Se contempla la ampliación del puente existente en el Km 63+520, dentro de la sección del Ancho de Corona, por lo que albergará dos carriles más dos acotamientos, la longitud de ampliación de la losa será de 37 metros, por 17.5 metros de ancho, que resulta en un total de 647.5 metros cuadrados.

Tabla 14. Superficie de ampliación del puente Km 63+520

Longitud (m)	Ancho (m)	Tirante (m)	Superficie (m2)
37.0	17.5	5	647.5



Figura 49. Puente Río Verde sujeto a ampliación

A continuación, se describen los principales elementos que constituirán el puente:

La ampliación será al lado derecho con losa y guarnición de concreto F'c=200 kg/cm2; la losa será de concreto reforzado con una parrilla, a las salidas llevará estribos y aleros de mampostería de 3ª clase (ver Figura 50), los accesos tendrán zampeado con espesor de 20 centímetros y dentellones, tal como se observa en la (Figura 52).

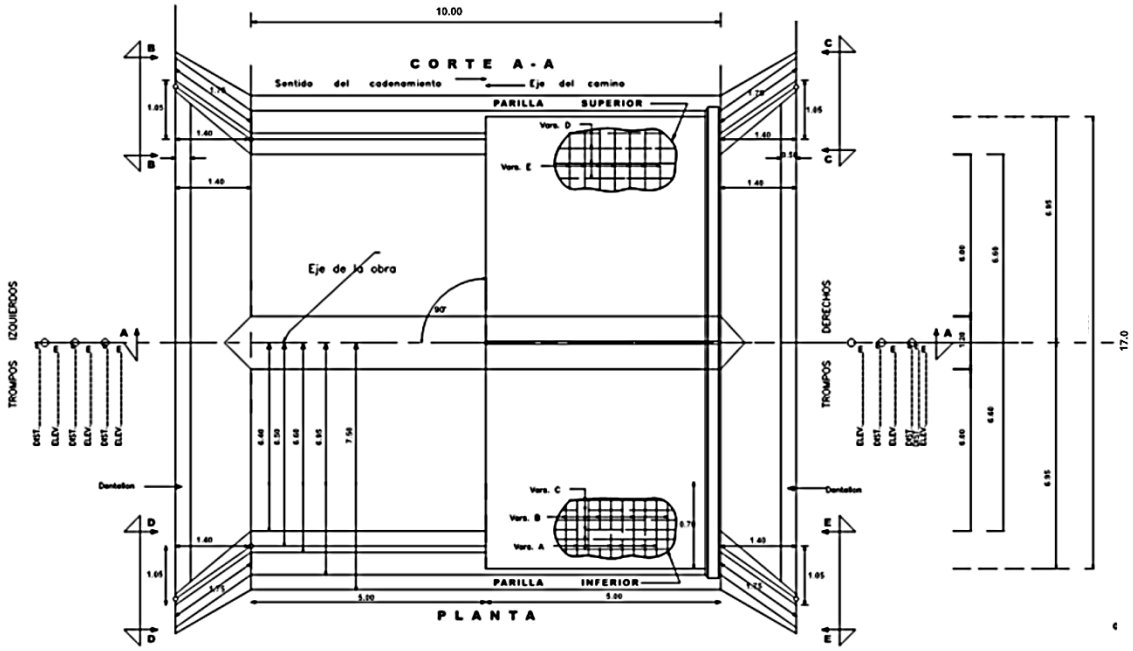


Figura 50. Vista en planta de diseño de losa de puente

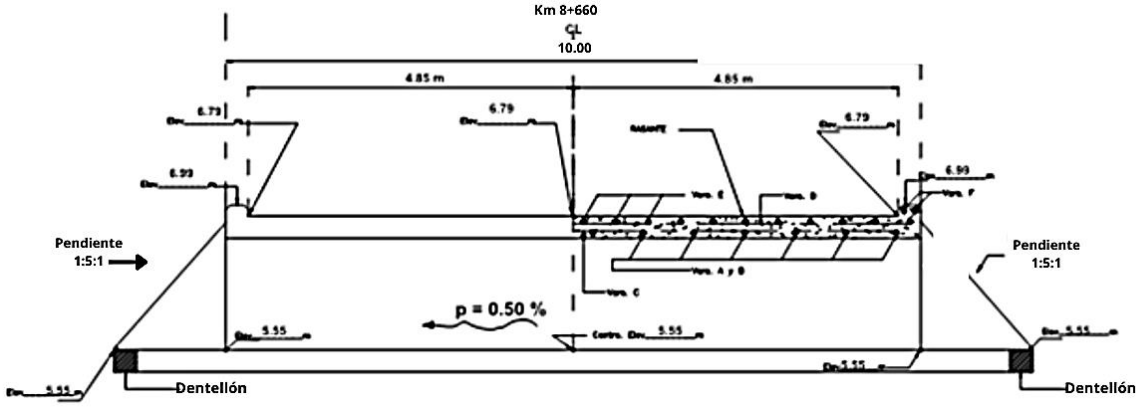


Figura 51. Vista de sección de puente

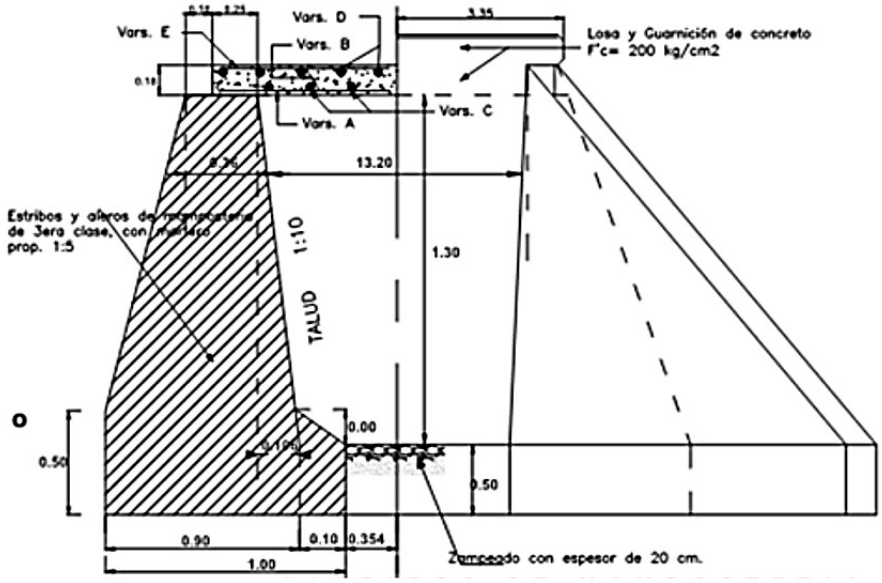


Figura 52. Diseño de estribos y aleros

Es importante señalar que el diseño presentado corresponde a la ingeniería básica, que corresponde principalmente a la planeación conceptual, por lo que los elementos aún pueden ser objeto de análisis más profundos y precisos durante la siguiente fase de desarrollo de ingeniería a detalle, en la cual se presentan las soluciones técnicas definitivas, sustentadas con criterios normativos y modelaciones especializadas.

TUBO ESPECIAL DE 6.71 METROS (KM 29+850)

En el cadenamiento 29+850 se realizará la supresión de una losa existente que no cumple con las funciones hidráulicas; en su lugar se realizará la colocación de un tubo especial de 6.71 metros de diámetro, el cual proporciona el área hidráulica necesaria para permitir el gasto de diseño adecuado al Arroyo Hondo que es una corriente perenne.

La colocación de un tubo especial tiene ventajas respecto a un puente:

- Los puentes requieren cimentaciones profundas, pilas, entre otras estructuras que requieren un mayor tiempo de ejecución, se generarían más superficies expuestas y obras de cimentación invasivas que se refleja en mayores impactos.
- En la Figura 53, la rasante va a 29+880 con elevaciones de alrededor de 2978 a 2980 metros y tiene una transición suave. Si se construyera un puente, sería necesario bajar o subir la rasante para lograr estribos y claros libres o colocar un puente a nivel rompiendo el gradiente proyectado. El tubo permitirá conservar el perfil sin alterar cotas ni pendientes.
- Un puente requiere estudios geotécnicos estrictos, capacidad de carga, desplantes profundos y para evitar la socavación local. Considerando que el suelo permite camas de apoyo y rellenos estables, el tubo especial funcionará perfectamente.

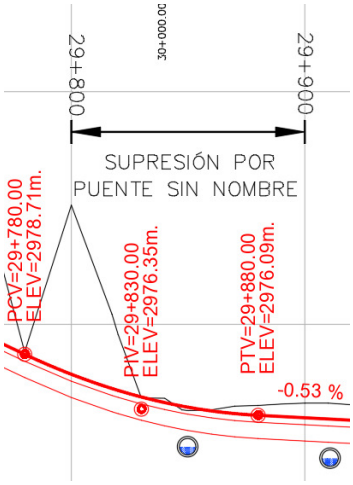


Figura 53. Perfil del terreno en el área de colocación del tubo especial

Montaje:

Se transportan tramos o anillos que son colocados mediante grúas y montaje en el sitio.

Las estructuras complementarias y proceso de colocación será el mismo procedimiento que para la tubería de concreto de 1.2 metros de diámetro. Sólo se requiere realizar la excavación, la cama de apoyo y los rellenos laterales bien compactados, así como las obras de proyección (muros cabeceros, canalizaciones y zampeado).



Figura 54. Logística de transporte, armado y colocación de tubo especial

II.3 PROGRAMA DE TRABAJO

La modernización de la carretera será llevada a cabo en un periodo de 3 años, es decir, 18 bimestres, tal como se distribuye en la Tabla 15.

Las actividades quedarán constituidas en tres etapas:

- Preparación del sitio;
- Construcción; y
- Desmantelamiento y abandono de instalaciones

Una vez llevada a cabo la modernización comenzará la etapa de operación y mantenimiento que equivaldrá a una vida útil de 25 años.

Durante todo el proyecto se ejecutarán obras transversales, tales como gestión y señalización temporal de desvíos o pasos provisionales, movimientos constantes de maquinaria y equipo, así como transporte de materiales.

Tabla 15. Cronograma de trabajo para la modernización de la carretera

Actividades	Bimestres																		25 años
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Obras transversales																			
Gestión y señalización temporal de desvíos o pasos provisionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Movimiento de maquinaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Transporte de materiales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Preparación del sitio																			
Instalación de obras preliminares	X																		
Desmonte		X	X	X	X														
Despalme			X	X	X	X													
Construcción																			
Retiro de la carpeta asfáltica						+	+	+	+	+	+								
Demolición de obras hidráulicas						+	+	+	+	+	+								
Excavaciones y cortes							+	+	+	+	+	+							
Modernización de estructuras (obras hidráulicas)								+	+	+	+	+	+						
Terraplenes y escalones de liga									+	+	+	+	+	+					
Subbase, base hidráulica									+	+	+	+	+	+					
Carpeta asfáltica										+	+	+	+	+	+				
Obras complementarias (cunetas, bordillos)														+	+	+			
Obras de seguridad vial (barreras, defensas, señalamientos)														+	+	+			
Desmantelamiento y abandono de instalaciones																			
Retiro de señalamientos temporales																	*	*	
Desinstalación de obras provisionales																	*	*	
Limpieza general																		*	
Disposición final de residuos																		*	
Rehabilitación de áreas ocupadas provisionalmente																	*	*	
Retiro de maquinaria y equipo																		*	
Operación y mantenimiento																			
Reapertura de circulación vehicular																			#
Mantenimiento preventivo y correctivo																			#

II.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO

II.4.1 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Describir las obras y actividades principales del proyecto de acuerdo con la fase que corresponda, especificando sus obras provisionales, asociadas y servicios requeridos, tales como brechas y/o caminos de acceso, campamentos, etc.

II.4.1.1 Obras transversales

Las actividades correspondientes a las obras transversales, la gestión del tránsito y la preparación del sitio constituyen la fase inicial y de soporte para el desarrollo de las obras principales de modernización. Su correcta ejecución garantiza el orden, la seguridad y la funcionalidad tanto en los frentes de trabajo como en las zonas de paso vehicular, asegurando condiciones adecuadas para el movimiento de maquinaria, materiales y personal.

Gestión y señalización temporal de desvíos o pasos provisionales

Previo al inicio de actividades se realizará la delimitación del área de trabajo mediante señalamiento provisional y colocación de dispositivos de seguridad.

La gestión y señalización temporal de desvíos o pasos provisionales se realiza antes de iniciar cualquier intervención directa sobre el cuerpo de la carretera. Su objetivo es mantener la continuidad del tránsito y la seguridad de los usuarios mientras se desarrollan las obras. Para ello, se instalan caminos provisionales o desvíos señalizados que permiten la circulación alternada o paralela al tramo en modernización. Estas vías temporales se acondicionan con material granular compactado al 90% del P.V.S.M. AASHTO estándar, asegurando estabilidad bajo condiciones de tránsito pesado y humedad. La señalización temporal incluye la colocación de barreras plásticas, lámparas intermitentes, dispositivos de canalización, letreros preventivos y de limitación de velocidad, conforme a lo establecido en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. Esta señalización será visible tanto de día como de noche y se ajustará conforme avance la obra, manteniendo siempre rutas seguras y accesibles.

Movimiento de maquinaria

El movimiento de maquinaria se llevará a cabo de manera planificada y controlada durante toda la ejecución del proyecto, estableciendo rutas dentro de las superficies autorizadas, para el acceso y desplazamiento de los equipos.

Se delimitarán zonas exclusivas para estacionamiento, carga y descarga, dentro de los poblados próximos y en áreas que se encuentren alejadas de vegetación forestal y corrientes hídricas, evitando, además, interferencias con las áreas de tránsito público.

Antes del ingreso de la maquinaria al sitio, se verificará su estado operativo, el cumplimiento de normas de seguridad y la ausencia de fugas de aceites o combustibles. La operación de excavadoras, motoniveladoras, compactadores, camiones de volteo y demás equipo se coordinará para garantizar la continuidad de las actividades y evitar congestiones. En áreas reducidas o con tránsito activo, el desplazamiento será asistido por personal de señalamiento que oriente las maniobras, priorizando la seguridad vial y del personal.

Transporte de materiales

El transporte de materiales se realizará bajo un control estricto para asegurar que los acarreos se desarrollen de forma eficiente y segura. Los materiales provenientes de bancos, plantas de asfalto o zonas de préstamo serán cargados en camiones de volteo o plataformas adecuadas, cubiertos con lonas para evitar pérdidas o dispersión de polvo. Las rutas de transporte se definirán considerando la distancia óptima, la capacidad estructural del camino y la reducción de interferencias con el tránsito local. Al llegar al frente de obra, los materiales se descargarán únicamente en zonas designadas, evitando obstrucciones o contaminación de áreas no destinadas al trabajo. El personal de obra verificará la calidad y el tipo de material antes de su colocación, asegurando que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto.

II.4.1.2 Preparación del sitio

Instalación de obras preliminares

Dentro de la etapa de preparación del sitio, se ejecutará la instalación de obras preliminares, las cuales incluyen oficinas de campo, bodegas para almacenamiento de materiales, talleres de mantenimiento, sanitarios portátiles y áreas de resguardo de maquinaria. Estas instalaciones se ubicarán estratégicamente, considerando de manera primordial espacios dentro del área del proyecto, por ejemplo, se podrán utilizar las superficies del camino existente que quedarán en desuso después de la modernización, esto con la finalidad de aprovechar las superficies selladas con concreto asfáltico y evitar afectaciones adicionales al ecosistema, siempre y cuando las condiciones topográficas lo permitan.

Asimismo, en el caso de requerirse mayor superficie, para las superficies destinadas para talleres o patios de maquinaria, se solicitará la anuencia con propietarios particulares o las comunidades colindantes al camino, para la ocupación de superficies no forestales que se encuentren en desuso, por ejemplo, en La Comunidad, Potrero San José y San Antonio Albarranes, se ubican varias áreas que carecen de vegetación nativa ya que se trata de un área urbanizada y su topografía es plana.



Figura 55. Ubicación de áreas preliminares

Las instalaciones contarán con señalización, control de acceso y medidas de seguridad e higiene conforme a la normatividad vigente.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta la propuesta de ubicación de obras preliminares.

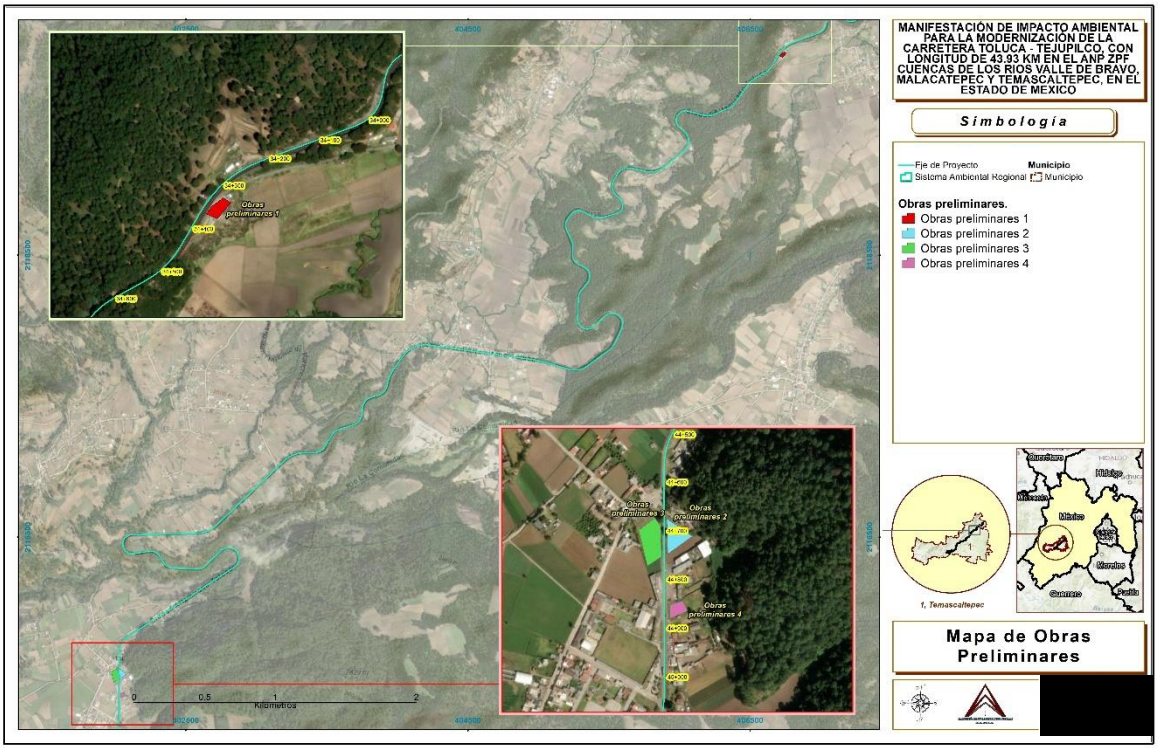


Figura 56. Ubicación de obras preliminares

Tabla 16. Coordenadas UTM de las superficies de obras preliminares

Polígono	Vértices	X	Y	Superficie (ha)
Obras preliminares 1	1	406730.8145	2119903.234	0.086985
	2	406709.4544	2119912.802	
	3	406720.1753	2119926.613	
	4	406741.7545	2119942.627	
	5	406756.0849	2119933.235	
Obras preliminares 2	1	402083.4966	2115529.881	0.184949
	2	402033.3412	2115493.495	
	3	402031.2355	2115565.718	
Obras preliminares 3	1	402018.2879	2115550.02	0.307293
	2	402020.0799	2115487.867	
	3	401991.0856	2115468.721	
	4	401973.4489	2115542.332	
	5	402006.4567	2115567.465	
Obras preliminares 4	1	402073.3326	2115376.323	0.078763
	2	402037.8631	2115361.241	
	3	402038.285	2115388.27	
	4	402063.752	2115397.363	

Desmonte

El desmonte consiste en la remoción de los estratos que conforman la vegetación dentro de la superficie de Línea de Ceros, es decir, el retiro de árboles, arbustos y herbáceas que interfieran con las actividades constructivas o con la futura sección del camino. Esta operación se realiza de manera selectiva, respetando la vegetación fuera de los polígonos de afectación e implementando medidas de control ambiental para minimizar impactos. La vegetación retirada se destinará a áreas de acopio temporal para posteriormente ser triturada e incorporarse al suelo orgánico.

Particularmente, en los terrenos con cobertura arbórea, se procederá al derribo, troceo y retiro del material leñoso y de acuerdo con los alcances y propuestas en el estudio técnico justificativo correspondiente, se podrán donar las materias primas como la leña a las comunidades cercanas, o bien, ser usado como material vegetal para el enriquecimiento del suelo orgánico y ser usado para el arrope de taludes una vez concluido el proyecto.



Figura 57. Desmonte de vegetación (imagen ilustrativa tomada de internet)

Despalme

Posteriormente, se realizará el despalme, que consiste en el retiro de la capa superficial del terreno natural, compuesta por materia orgánica, raíces y material suelto que impide la adecuada compactación y estabilidad de las capas estructurales. El espesor del despalme variará según las condiciones del terreno, pero generalmente será de 0.20 metros. El material producto del despalme se retirará de la zona de trabajo y se destinará para el enriquecimiento del suelo en los taludes una vez concluida la construcción, otra opción será utilizarlo en las superficies de reforestación que se deriven como medidas de mitigación y en el caso de los suelos que no puedan aprovecharse, se deberán destinar a los sitios de depósito o rellenos autorizados.



Figura 58. Despalme

Una vez descubierta la superficie firme, esta se compactará al 90% de su P.V.S.M. AASHTO estándar, dejando el terreno preparado para la ejecución de las excavaciones, cortes y rellenos correspondientes al cuerpo del camino.

Con la conclusión de estas actividades, el sitio quedará debidamente preparado y en condiciones óptimas para iniciar los trabajos de modernización de la carretera, garantizando la seguridad, funcionalidad y eficiencia del proceso constructivo.

II.4.1.3 Construcción

Especificaciones técnicas base

Todos los trabajos se ejecutarán conforme a las especificaciones técnicas proporcionadas y las normas AASHTO Estándar, SCT y normativas aplicables. Los grados de compactación especificados corresponden a porcentajes del Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) según prueba AASHTO Estándar y Modificada.

Retiro de la carpeta asfáltica

La modernización de la carretera iniciará con el retiro de la carpeta asfáltica existente, proceso que se llevará a cabo mediante corte o fresado controlado para retirar el material deteriorado sin afectar las capas inferiores. El material producto de esta actividad será cargado y transportado a los sitios de disposición final o reutilizado, dependiendo de su estado y de las indicaciones del proyecto. Posteriormente, se realizará la limpieza del área intervenida, la superficie quedará libre de residuos, permitiendo verificar las condiciones del terreno natural o de la base existente.



Figura 59. Fresado de carpeta asfáltica (imagen ilustrativa tomada de internet)

Demolición de obras hidráulicas

Una vez retirada la carpeta asfáltica se procederá con la demolición de las obras hidráulicas existentes que se encuentren deterioradas, tales como alcantarillas, cunetas, lavaderos y bordillos que ya no cumplan con las especificaciones hidráulicas o estructurales requeridas.

Cabe señalar, que en la Tabla 4 se presentó el listado de obras hidráulicas que forman parte del proyecto, entre las cuales se señalan aquellas que serán sustituidas o modernizadas.

Estas demoliciones se realizarán con equipo mecánico adecuado, tales como martillo neumático o hidráulico para estructuras de concreto, se realizará el retiro de tubería y la excavación de cabezales y aleros, asegurando la protección de las zonas colindantes, especialmente en los escurrimientos, a fin de evitar la vegetación de estas zonas.

Los materiales no reutilizables serán retirados y transportados fuera del área de trabajo a un banco de tiro con las autorizaciones correspondientes.



Figura 60. Obras de Drenaje Longitudinal y Transversal que serán demolidas

Excavaciones y cortes

Esta actividad consistirá en retirar los materiales que no sean adecuados para la conformación del cuerpo de la carretera, o bien, que interfieran con la sección y especificaciones del proyecto debido a la topografía.

Primeramente, se realizará el trazado; la excavación se llevará a cabo de acuerdo con las cotas del proyecto, perfilando los taludes y garantizando estabilidad mediante control de pendientes.

El material de corte será clasificado conforme a sus características físicas y mecánicas, aquel que no cumpla con los requisitos especificados no se utilizará en la conformación del terraplén; el material que sólo sea apto para el cuerpo del terraplén se compactará al 90% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M.) determinado por la prueba AASHTO Estándar o se bandeará, según las condiciones del terreno; mientras que el material con mejores propiedades se destinará a la construcción de capas de transición o subrasante, conforme lo indiquen el documento adjunto a este estudio, titulado “observaciones particulares”.

Movimiento de tierras

Durante el movimiento de tierras se conformarán los terraplenes, cortes y escalones de liga. El terreno natural, una vez despalmado, deberá compactarse al 90% de su P.V.S.M. AASHTO Estándar en una profundidad mínima de 0.20 metros y máxima de 0.30 metros y será compactada al 90% mientras que las capas de transición y subrasante alcanzarán el 95% y 100% respectivamente.

Cuando la altura del terraplén sea menor de un metro, se construirá una capa de transición de 0.20 metros compactada al 95% y una capa subrasante de 0.30 metros compactada al 100%; en cambio, si la altura es igual o superior a un metro, la capa de transición tendrá 0.70 metros compactados al 95% y la subrasante conservará 0.30 metros compactados al 100%.

En la unión del terraplén nuevo con el terraplén existente o taludes naturales, se realizarán escalones de liga con ancho de 1.0 metros mínimo y alto de 0.50 metros aproximadamente, con 4% de inclinación hacia adentro.

En cortes, la cama se compactará al 95% de su P.V.S.M. AASHTO en una profundidad mínima de 0.20 metros y se proyectará una capa subrasante de 0.30 metros compactada al 100%. En algunos casos, se deberá escarificar los 0.15 metros superiores, acamellonar el material y compactar nuevamente para formar las capas subrasantes requeridas.

Cuando los materiales presenten alta plasticidad o características fuera de norma, se realizará un mejoramiento con cal, utilizando óxido o hidróxido de calcio en la proporción adecuada. Esta capa tendrá un espesor mínimo de 0.20 metros y deberá compactarse al 90% de su P.V.S.M. AASHTO. En zonas con nivel freático superficial, se construirá una capa rompedora de capilaridad de 0.50 metros de espesor con material granular conforme a la norma N-PRY-CAR-4-03-005, envuelta con geotextil para evitar la migración de finos.

En zonas donde sea necesario garantizar una mayor estabilidad, se proyectarán capas de pedraplén. Estas se construirán con fragmentos de roca con tamaños entre 0.075 y 0.75 metros de diámetro, cerrando la granulometría y cumpliendo las normas N-CMT-1-05 y N-CTR-CAR-1-01-019. El espesor será variable, no menor de 1.00 metro, o de 1.50 metros en los casos especificados, y la superficie se encontrará al menos 0.50 metros sobre el nivel máximo de agua. El pedraplén se colocará sobre un geotextil no tejido de polipropileno, conforme a la norma N-CTM-6-01-001, que envolverá la capa para impedir la migración de finos.

La subrasante, de 0.30 metros de espesor, se compactará al 100% del P.V.S.M. AASHTO Estándar y se construirá con material de corte o de préstamo del banco más cercano.

Subbase, base hidráulica

Una vez conformadas las capas del terreno, se procederá a la construcción de la subbase y la base hidráulica con el espesor indicado en el proyecto, cuidando la granulometría, humedad y compactación hasta alcanzar los valores especificados.

La base hidráulica será de 0.21 metros de espesor compacto, formada con material de banco, que cumpla con las Normas SCT, compactándola al 100% de su P.V.S.M. AASHTO Modificada. Una vez terminada esta capa, se aplicará un riego de impregnación con emulsión catiónica ECI-60 a razón de 1.4 a 1.6 l/m^2, para finalmente aplicar un riego de liga para recibir la base asfáltica.

Carpeta asfáltica

Posteriormente, se colocará la base asfáltica, de 0.13 metros de espesor, compactándola al 95% de su Peso Volumétrico Máximo con un grado PG 64-16. Una vez terminada esta capa se aplicará un riego de liga para recibir la carpeta asfáltica con emulsión asfáltica catiónica ECR-65 a razón de 0.6 l/m^2.

La carpeta de concreto asfáltico deberá tener 0.08 metros de espesor, compactada al 100% de su Peso Volumétrico Máximo con un grado PG 64-16, asegurando una superficie uniforme, libre de segregaciones y con las pendientes transversales necesarias para el drenaje.

Esta capa deberá cumplir con la Norma M.MMP-4-05-046/21: Método de diseño para mezclas asfálticas de granulometría densa.

A continuación, se presenta la sección tipo del cuerpo carretero de acuerdo con las capas y conformación de tierras señaladas anteriormente (ver Figura 61).

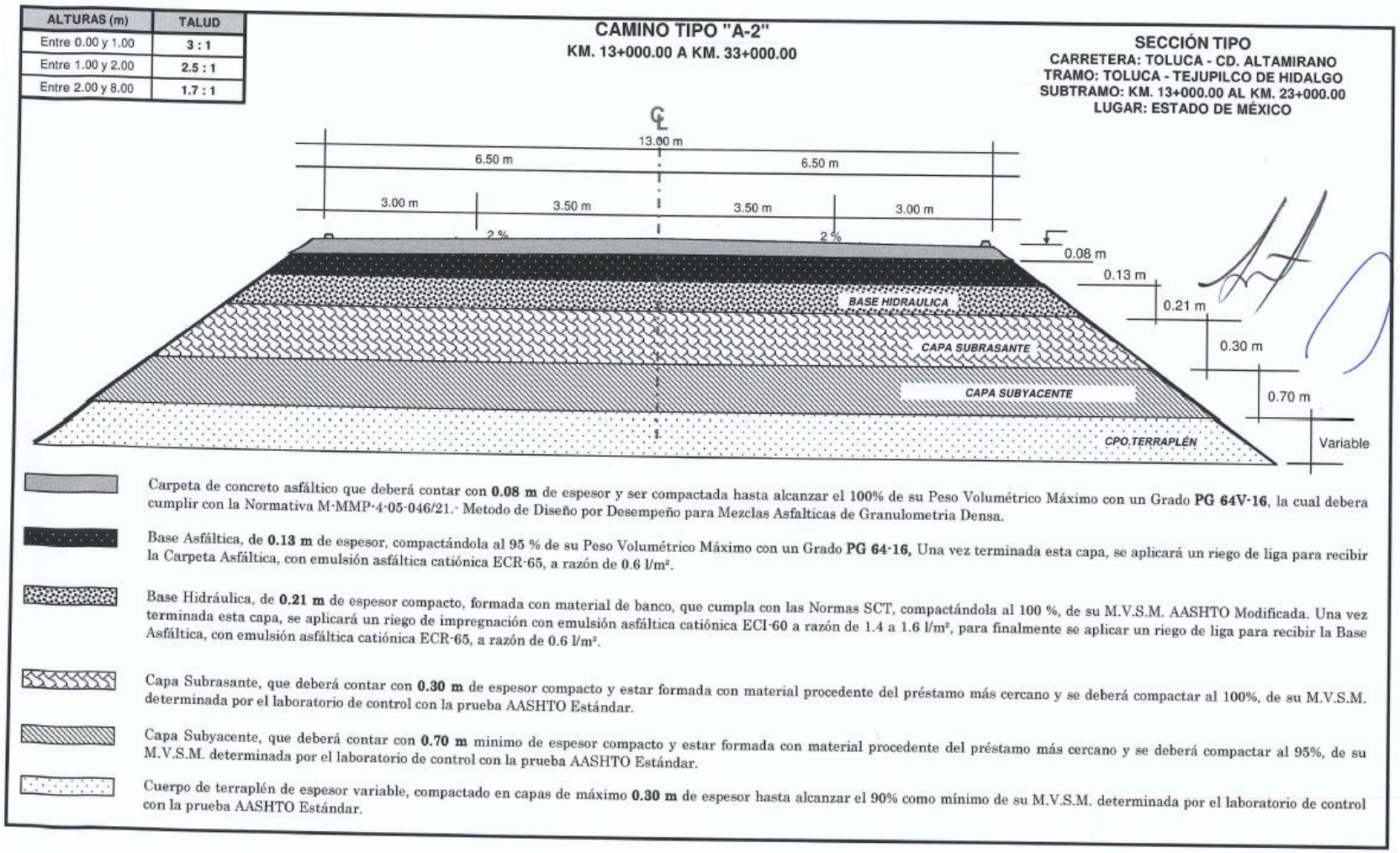


Figura 61. Sección tipo del cuerpo del camino tipo A2

Bancos de materiales

Para la construcción de las capas señaladas anteriormente, se tienen contemplados los bancos de materiales señalados en la Tabla 17 y Figura 62.

Tabla 17. Coordenadas de Bancos de Terracerías

Bancos de Terracerías	X	Y
KM. 86+460	385787	2096819
KM. 98+700	379247	2092785
Temascaltepec	390527	2105719
Moctezuma	379406	2091552
Cerro Gordo	380460	2084615
Lupita	380088	2087423
Barrera	381145	2085202
Cerro Pelón	379822	2104660
Jiménez Frente Norte	417775	2125667
El Nevado	417947	2125802
Roca Dura	412044	2153374

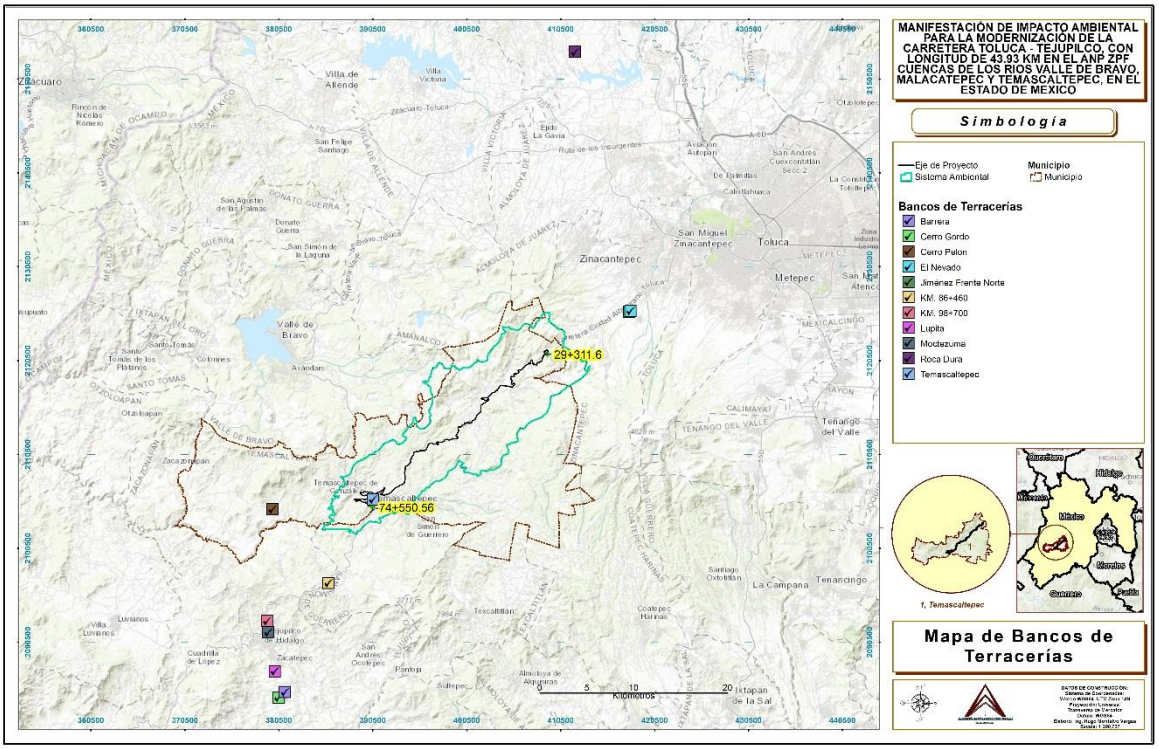


Figura 62. Localización de bancos de terracerías

Aviso de exención de responsabilidad: La empresa contratista será la encargada de cerciorarse que dichos bancos cuenten con las Autorizaciones correspondientes para el aprovechamiento de materiales; por lo que, en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, no se incluyen como obras asociadas los bancos antes señalados ni la actividad de aprovechamiento de materiales pétreos.

Modernización de estructuras (obras hidráulicas)

La construcción de las nuevas alcantarillas tendrá como procedimiento general el siguiente:

El proceso constructivo de las obras hidráulicas incluidas en el proyecto iniciará con el trazo y nivelación de las estructuras, de acuerdo con las coordenadas y cotas definidas en los planos del proyecto. Una vez definido el eje y la ubicación de cada obra, se procederá a la excavación del terreno hasta alcanzar el nivel de desplante indicado, cuidando que las dimensiones sean suficientes para permitir la correcta colocación de los elementos y el trabajo del personal. Durante la excavación, se deberán proteger las paredes y el fondo del corte para evitar deslizamientos o saturación, implementando bombeo o drenaje provisional cuando se presenten niveles freáticos altos.

En el caso de los tubos de lámina de 6.71 metros de diámetro, el procedimiento iniciará con la preparación de la plantilla, conformada por una capa de material granular de 0.20 metros de espesor, debidamente nivelada y compactada al 100% del P.V.S.M. AASHTO estándar. Sobre esta superficie se colocará una cama de asiento con material fino libre de partículas mayores a 19 mm para asegurar una distribución uniforme de las cargas. El tubo de lámina se colocará con apoyo de grúa y maniobra controlada, asegurando su alineación y pendiente conforme al diseño hidráulico. Las juntas se unirán mediante pernos o soldadura, aplicando sellado impermeable en toda la línea. Posteriormente, se realizará el relleno lateral y superior con material seleccionado, compactado en capas de 0.20 metros hasta alcanzar el 95% del P.V.S.M., cuidando que la compactación se realice de manera simétrica para evitar deformaciones en la estructura metálica. Finalmente, se construirá la protección de entrada y salida con cabezales de concreto, alas y soleras, asegurando la integración con el sistema de drenaje existente.

Para los tubos de concreto de 1.50 metros de diámetro, así como los de 1.20 metros de diámetro, el proceso será similar, iniciando con la excavación y nivelación del terreno, seguida por la colocación de una plantilla de material granular compactada al 100% de su P.V.S.M. AASHTO estándar. Los tubos se instalarán con el uso de equipo mecánico o manual, dependiendo de las dimensiones y accesibilidad del sitio, cuidando la correcta alineación y pendiente. Las juntas entre tubos se sellarán con mortero de cemento-arena o con empaques de hule tipo bell seal según las especificaciones del proyecto, garantizando la estanqueidad. El relleno lateral se hará con material fino seleccionado, compactado en capas de 0.15 a 0.20 metros hasta el 95% de su P.V.S.M. AASHTO, y el relleno superior hasta cubrir el tubo con un espesor mínimo de 0.30 metros de material compactado. En las bocas de salida se construirán cabezales de concreto reforzado y cunetas de transición para controlar la descarga.

Las bóvedas de 3.00 x 2.50 metros requerirán excavación a sección abierta, cuidando mantener la estabilidad del terreno y la profundidad adecuada para alojar la estructura. Se preparará una plantilla de desplante con una capa de concreto pobre o material granular compactado al 100% de su P.V.S.M. AASHTO. Posteriormente, se colocará el acero de refuerzo y se procederá al colado de los elementos de piso, muros y losa superior conforme al diseño estructural. El concreto utilizado deberá cumplir con la resistencia de proyecto, verificándose su revenimiento y contenido de aire antes del vaciado. El colado se realizará por etapas, utilizando formaleta metálica o de madera tratada, garantizando la correcta vibración y curado. Una vez alcanzada la resistencia necesaria, se retirará la cimbra y se procederá al relleno lateral con material seleccionado, compactado en capas delgadas hasta alcanzar el 95% del P.V.S.M. AASHTO. En los extremos se construirán las obras de transición, como rampas de acceso, muros aleros y protecciones hidráulicas para evitar erosión en las descargas.

En las losas de concreto, el procedimiento constructivo consistirá en la excavación y nivelación del terreno, seguida por la conformación de una plantilla de material granular compactado al 100% del P.V.S.M. AASHTO estándar o concreto pobre, dependiendo de las condiciones del terreno. Sobre esta superficie se colocará el acero de refuerzo de acuerdo con el diseño estructural, cuidando los recubrimientos mínimos. Posteriormente, se colará el concreto estructural, aplicando vibrado uniforme y curado continuo por al menos siete días. Estas losas funcionarán como estructuras de paso o como cubiertas de obras de drenaje, por lo que se garantizará la impermeabilidad mediante juntas selladas y la correcta compactación del relleno superior. En caso de losas empleadas como tapa de bóvedas o pasos pluviales, se verificará que la superficie superior quede nivelada y con pendiente adecuada para el desalojo del agua.

En todas las obras hidráulicas, el control de calidad será constante, verificando los grados de compactación en las plantillas, rellenos laterales y superiores, así como la resistencia y trabajabilidad del concreto. Se garantizará que las estructuras queden alineadas, libres de filtraciones y con una conexión eficiente al sistema de drenaje, de modo que aseguren la conducción adecuada de los escurrimientos y la protección estructural del camino modernizado.

Obras complementarias (cunetas, bordillos)

En cuanto a las obras complementarias, su ejecución comenzará con el trazo de las cunetas, bordillos y bajantes, conforme a los planos de proyecto y las pendientes establecidas para garantizar el escurrimiento superficial. Las cunetas se construirán mediante excavación controlada del terreno hasta la profundidad de diseño, dando forma trapezoidal o triangular según la sección indicada. El fondo se nivelará y compactará, y posteriormente se procederá al revestimiento con concreto hidráulico de resistencia mínima f'c=150 kg/cm^2, vibrado y curado adecuadamente. En zonas con alta pendiente, se incluirán dentellones de anclaje o disipadores de energía para evitar erosión. Los bordillos se ejecutarán una vez que el pavimento esté concluido, mediante el colado de concreto hidráulico f'c=200 kg/cm^2, empleando formaletas metálicas que aseguren la alineación y acabado uniforme. El concreto se colocará en secciones continuas, dejando juntas de expansión cada 3.00 metros selladas con material elástico impermeable. Las bajantes pluviales se realizarán con tubería de PVC o concreto, según la especificación, conectando las cunetas o canales superficiales con los desagües inferiores. Se excavará la zanja con pendiente controlada, colocando una cama de asiento de arena o material granular fino compactado, y posteriormente se instalará la tubería asegurando su alineación. Finalmente, se realizará el relleno lateral y superior con material seleccionado, compactado en capas de 0.15 metros hasta el 95% del P.V.S.M. AASHTO. Estas obras garantizarán la captación y conducción eficiente del agua superficial, evitando acumulaciones o erosión en la estructura vial.

En todas las obras hidráulicas y de drenaje menor, el control de calidad será constante, verificando los grados de compactación en las plantillas, rellenos laterales y superiores, así como la resistencia y trabajabilidad del concreto. Se garantizará que las estructuras queden alineadas, libres de filtraciones y con una conexión eficiente al sistema de drenaje, de modo que aseguren la conducción adecuada de los escurrimientos y la protección estructural del camino modernizado.

Obras de seguridad vial (barreras, defensas, señalamientos)

Las obras de seguridad vial contempladas en la modernización del camino comprenden la instalación de barreras metálicas de protección, defensas tipo flex-beam y la colocación de

señalamiento horizontal y vertical, con el propósito de garantizar la seguridad de los usuarios y la funcionalidad del camino bajo condiciones de tránsito diversas. La ejecución de estas actividades se realiza una vez concluidas las capas estructurales del pavimento y las obras de drenaje, de modo que la superficie se encuentre limpia, estable y con los niveles definitivos del proyecto.

La colocación de barreras metálicas de protección inicia con el trazo y marcado de los puntos donde se instalarán los postes de anclaje, siguiendo las distancias y alineamientos establecidos en los planos. Se procede a la excavación puntual y al hincado de los postes metálicos con equipo mecánico, asegurando su verticalidad y profundidad de empotramiento conforme a las especificaciones SCT. Posteriormente, se fijan las vigas de acero galvanizado mediante pernos de alta resistencia, cuidando la continuidad de la alineación y la tensión adecuada en las uniones. Estas barreras se ubican en los tramos con riesgo potencial de salida de camino, curvas cerradas, taludes profundos y zonas de transición con estructuras, garantizando su resistencia al impacto según la norma N-CTR-CAR-1-02-004.

Las defensas metálicas tipo flex-beam se colocan de forma complementaria a las barreras, en accesos, retornos o bordes donde el espacio disponible requiere sistemas de contención flexibles. El proceso de instalación es similar, iniciando con el hincado de postes, colocación de travesaños y atornillado de láminas galvanizadas con pernos calibrados. En algunos casos, se integran sistemas terminales o amortiguadores de impacto para disipar la energía del choque y reducir daños a los vehículos y a la estructura. Las defensas se alinean cuidadosamente siguiendo la rasante y pendiente del camino, garantizando uniformidad y continuidad en toda su longitud.

El señalamiento vertical se instalará conforme a lo establecido en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, utilizando postes galvanizados y láminas reflejantes tipo III o superior. El proceso constructivo inicia con el trazo de los puntos de ubicación de las señales, la excavación y el colado de las zapatas de anclaje con concreto f'c=150 kg/cm^2. Una vez fraguado el concreto, se procede a fijar el poste y montar la placa señalética, verificando su orientación, altura y ángulo de visibilidad. Este señalamiento incluirá señales preventivas, restrictivas e informativas, así como tableros de kilometraje y nombres de localidades.

El señalamiento horizontal comprende la aplicación de pintura termoplástica o pintura acrílica de alto tráfico sobre la superficie de rodamiento. La ejecución se lleva a cabo con equipo mecánico de aplicación lineal, garantizando uniformidad en el espesor, adherencia y retro reflectividad del material. Se marcarán los ejes, líneas de borde, pasos peatonales, flechas direccionales y símbolos de tránsito conforme al proyecto ejecutivo. Previo a su aplicación, la superficie del pavimento deberá limpiarse para eliminar polvo, grasa y humedad. En curvas y accesos se aplicarán botones reflejantes o vialetas adheridas con resina epóxica, mejorando la visibilidad nocturna y bajo condiciones adversas.

En conjunto, las obras de seguridad vial se ejecutarán bajo estrictos criterios de alineación, visibilidad y resistencia, asegurando la funcionalidad integral de la carretera modernizada y la protección de los usuarios en todo momento.

II.4.2 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES

La etapa de desmantelamiento y abandono de las instalaciones se llevará a cabo una vez concluidas las actividades principales de modernización y se verificará que las estructuras, capas de pavimento y obras complementarias se encuentren terminadas y en condiciones óptimas para su operación. Esta fase tiene como finalidad devolver el entorno a su estado original o mejorado, retirando todas las instalaciones, materiales y residuos generados durante el proceso constructivo, así como rehabilitar las áreas que fueron utilizadas temporalmente para la ejecución de la obra.

El procedimiento inicia con el retiro de los señalamientos temporales, tanto horizontales como verticales, que se emplearon para el control del tránsito y la seguridad durante la obra. Esta actividad se realiza de forma ordenada, iniciando desde los tramos concluidos y abiertos a la circulación hacia los frentes de trabajo aún en proceso, a fin de no comprometer la seguridad de los usuarios ni del personal. Los señalamientos recuperables, como barreras plásticas, lámparas intermitentes, conos y banderolas, se limpiarán, clasificarán y almacenarán adecuadamente para su reutilización o traslado a otro frente de obra. Aquellos elementos dañados o sin posibilidad de reutilización serán desechados conforme a las disposiciones ambientales vigentes.

Posteriormente, se procederá a la desinstalación de las obras provisionales, tales como desviaciones, pasos temporales, estructuras de contención, bordillos de guía, drenajes provisionales o andadores de servicio. Estas estructuras se desmontarán cuidando no alterar las obras permanentes ni el terreno circundante. El material producto de esta actividad que sea susceptible de reutilización, como tubería, piezas metálicas o madera, se almacenará temporalmente para su posterior aprovechamiento; el material inservible se dispondrá de acuerdo con los lineamientos ambientales aplicables.

Una vez retiradas las estructuras temporales, se realizará la limpieza general del área de trabajo. Esta actividad incluye el retiro de materiales sobrantes, agregados sueltos, fragmentos de concreto, madera, envases, empaques y residuos sólidos generados durante la obra. Se emplearán herramientas manuales y maquinaria ligera para garantizar que la superficie de rodamiento, cunetas, taludes y áreas laterales queden libres de obstáculos y en condiciones seguras. Las zonas aledañas al derecho de vía también serán inspeccionadas para asegurar que no queden restos de materiales o desechos que puedan afectar la operación del camino o el entorno natural.

El material recolectado se clasificará según su tipo para proceder a su disposición final de residuos, cumpliendo con la normatividad ambiental y los criterios de manejo establecidos por las autoridades competentes. Los residuos no peligrosos, como escombro o material pétreo, se transportarán a sitios de disposición autorizados o se utilizarán para rellenos controlados. Los residuos peligrosos, en caso de generarse (aceites, filtros, trapos contaminados o solventes), serán manejados conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005, siendo entregados a un prestador autorizado para su transporte y confinamiento seguro.

Posteriormente, se efectuará la rehabilitación de las áreas ocupadas provisionalmente, incluyendo campamentos, patios de maquinaria, zonas de acopio de materiales y caminos de acceso temporal. Estas superficies serán niveladas, escarificadas y recompactadas al 90% de su P.V.S.M. AASHTO estándar, o bien revegetadas con especies nativas según las condiciones del entorno. En caso de haberse afectado zonas agrícolas, se restituirá la capa vegetal original y se

rehabilitarán los drenes o accesos preexistentes. Con ello se garantizará la integración paisajística y funcional del área intervenida con el entorno.

Finalmente, se realizará el retiro de la maquinaria y equipo empleado en la construcción. Esta operación se llevará a cabo una vez concluidas todas las actividades en campo, asegurando que no queden residuos de lubricantes, combustibles ni materiales contaminantes. La maquinaria será trasladada a los talleres o bases operativas correspondientes, y las áreas donde permaneció estacionada serán limpiadas, niveladas y compactadas. Con esta acción se concluirá la etapa de desmantelamiento y abandono, dejando el sitio en condiciones seguras, limpias y estables, aptas para su operación y mantenimiento a largo plazo.

II.4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La etapa de operación y mantenimiento inicia una vez concluidas todas las actividades constructivas y de desmantelamiento, y tras la verificación de que la infraestructura vial, las obras hidráulicas, complementarias y de seguridad se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento. Esta fase tiene como propósito asegurar la continuidad del tránsito vehicular de manera segura y eficiente, así como preservar las condiciones estructurales y funcionales del camino mediante acciones periódicas de conservación.

El proceso comienza con la reapertura de la circulación vehicular, que se efectúa de forma gradual y controlada, una vez que se ha comprobado que el pavimento, las estructuras y las obras de drenaje cumplen con los requisitos de estabilidad y seguridad establecidos en el proyecto. Antes de permitir el paso del tránsito, se realiza una inspección general del tramo modernizado, verificando que no existan materiales sueltos, residuos o elementos que representen riesgo para los usuarios. Se retiran los dispositivos de cierre, barreras temporales y señalamiento provisional, sustituyéndolos por los señalamientos definitivos. Durante los primeros días de reapertura, se implementará una vigilancia constante del comportamiento del pavimento, drenajes y elementos de contención, a fin de detectar posibles asentamientos o filtraciones que requieran atención inmediata.

Una vez restablecida la operación normal, se establece un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, orientado a conservar la infraestructura vial dentro de los parámetros de seguridad y funcionalidad establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El mantenimiento preventivo incluye actividades rutinarias y periódicas destinadas a evitar el deterioro prematuro de las estructuras. Entre ellas se contemplan la limpieza y desazolve de cunetas, alcantarillas y obras de drenaje; el retiro de material arrastrado o vegetación que obstruya los flujos hidráulicos; la reposición de pintura en el señalamiento horizontal; el ajuste o reemplazo de señales verticales y la conservación de barreras metálicas y defensas mediante limpieza y aplicación de recubrimientos anticorrosivos. Asimismo, se inspeccionará el estado del pavimento para detectar fisuras o deformaciones menores, aplicando sellado de grietas o riegos de sello para mantener la impermeabilidad de la superficie de rodamiento.

El mantenimiento correctivo se aplicará en caso de presentarse daños estructurales o fallas localizadas derivadas del tránsito, condiciones climáticas o asentamientos diferenciales. Estas acciones pueden incluir la reposición de secciones de carpeta asfáltica, rehabilitación de bases o subbases afectadas, reconstrucción parcial de cunetas o cabezales, y reparación de losas o bóvedas dañadas. En caso de presentarse erosión en taludes o márgenes del camino, se ejecutarán trabajos de estabilización con material pétreo, concreto lanzado o vegetación controlada, garantizando la durabilidad de las estructuras. Cabe señalar, que estas actividades

se realizarán posteriormente a una evaluación de los sitios, por lo que, en caso de requerirse, en su momento podría implicar nuevos procesos de evaluación de impacto ambiental.

Durante toda la etapa de operación, se mantendrá un registro sistemático del estado físico del camino mediante inspecciones programadas, permitiendo evaluar la evolución de la superficie de rodamiento, el desempeño de las obras de drenaje y la funcionalidad del señalamiento. Este seguimiento facilitará la planeación oportuna de intervenciones mayores y la optimización de recursos destinados a la conservación. Con la aplicación continua de estas medidas de mantenimiento preventivo y correctivo, se asegura que la carretera modernizada mantenga sus condiciones de servicio, seguridad y confort para los usuarios durante su vida útil proyectada.

II.5 RESIDUOS

II.5.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Caracterización de RSU

Los residuos sólidos urbanos generados durante el desarrollo del proyecto presentan características específicas derivadas de las actividades constructivas y administrativas. Los tipos más comunes de residuos que se generarán incluyen:

- Restos de alimentos: Provenientes de comedores y áreas de alimentación del personal
- Envases desechables: Recipientes de comida, vasos, cubiertos y contenedores diversos
- Papel y cartón: Documentación administrativa, embalajes y material de oficina
- Plásticos: Botellas, bolsas, envolturas y materiales de empaque
- Latas: Contenedores metálicos de bebidas y alimentos
- Otros residuos urbanos: Materiales de limpieza, productos de higiene personal y residuos diversos

Puntos de Generación de RSU

Los puntos de origen o generación de residuos sólidos urbanos serán en los frentes de trabajo que se irán moviendo conforme avance la obra; así como las áreas destinadas como sitios provisionales tales como:

- Campamento que incluye oficinas temporales y áreas administrativas
- Comedores y áreas de descanso
- Sanitarios portátiles

También habrá áreas de generación secundaria o en menor medida como:

- Almacenes y bodegas
- Talleres de mantenimiento
- Áreas de armado
- Patios de maquinaria.

Manejo de RSU

Se recomienda implementar un programa de separación en sitio con las siguientes categorías:

- Residuos orgánicos

- Residuos inorgánicos no reciclables como residuos sanitarios no peligrosos, materiales mixtos no recuperables
- Reciclables como papel y cartón limpio, plásticos (PET y otros)
- Aluminio

Para ello, se recomienda colocar contenedores diferenciados por color, con capacidad mínima de 120 litros por contenedor, con tapas, con señalización con pictogramas o textos explicativos.



Figura 63. Ejemplo de códigos de color para separación de residuos

Almacenamiento temporal y disposición final de RSU

Recolección Primaria: se implementará un sistema de recolección diaria mediante contenedores etiquetados y con tapa colocados estratégicamente en:

- Frentes de trabajo activos
- Áreas de descanso
- Comedores
- Almacenes y talleres
- Oficinas temporales
- Sanitarios portátiles

Área de acopio central: se habilitará un área designada dentro del campamento temporal con las siguientes características:

- Acceso vehicular para recolección
- Área mínima: 20-30 m^2 (según volumen proyectado)
- Nula pendiente para evitar la dispersión
- Cerco perimetral para evitar el acceso de fauna
- Piso impermeable

El almacenamiento será temporal no debiendo exceder 7 días dentro del área. Materiales reciclables: hasta 15 días, según acumulación.

Para la disposición final deberá llevarse a cabo una coordinación con las autoridades correspondientes de los municipios, a través de los servicios públicos municipales de recolección, cumpliendo con los horarios y rutas, así como el pago de tarifas si fuese el caso.

En el caso de los sitios más alejados del área urbana, se recomienda la contratación de una empresa con licencias vigentes, con la que se deberá realizar la verificación de permisos para transporte y disposición y seguimiento hasta sitio de disposición final autorizado, tal es el caso de rellenos sanitarios autorizados por la autoridad o centros de reciclaje certificados.

Bitácora

Durante la duración de la obra, se deberá llevar la documentación y registro detallado de los volúmenes entregados por tipo de residuo, las fechas de entrega o recolección por los servicios públicos municipales o empresa contratada y la certificación de la disposición final.

Capacitación del Personal

Se implementará programa de capacitación que incluya:

- Clasificación correcta de residuos
- Uso adecuado de contenedores
- Importancia de la separación en origen
- Procedimientos de manejo seguro
- Responsabilidades individuales

Monitoreo y Seguimiento

Para el seguimiento y elaboración de informes ambientales, podrán considerarse indicadores de desempeño, tales como:

- Volúmenes de residuos por tipo
- Volúmenes de materiales dispuestos para reciclaje
- Frecuencia o fechas de recolección
- Incidencias ambientales si llegaran a presentarse y el manejo que se tenga
- Cumplimiento de cronograma o programa de recolección de residuos

II.5.2 RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL (RME)

Caracterización de RME

Los Residuos de Manejo Especial (RME) generados durante la construcción de la obra ferroviaria presentan características específicas que requieren un manejo diferenciado debido a su volumen, naturaleza y potencial de aprovechamiento. Estos residuos se caracterizan por:

- Residuos de construcción y demolición
  - Restos de concreto endurecido, mezclas endurecidas
  - Materiales pétreos
- Restos de materiales de construcción:
  - Madera de cimbras
  - Varillas, alambres clavos, etc
  - Tuberías, ductos, etc
- Materiales ferroviarios
  - Geotextiles
  - Durmientes, elementos de vía
- Generales:
  - Neumáticos
  - Estructuras temporales

Puntos de generación

Las principales actividades generadoras serán las excavaciones y movimiento de tierras para la construcción del terraplén, bases y subbases, excavaciones para obras hidráulicas, etc; áreas de corte y habilitado de acero, etc.

Manejo de RME

Para optimizar la disposición final y maximizar el aprovechamiento, podrá considerarse la siguiente clasificación, sin embargo, queda a consideración del residente ambiental, de acuerdo con los tipos de residuos sean generados:

1. Materiales reutilizables, por ejemplo, maderas en buen estado que puedan ser usadas en obras posteriores; elementos metálicos como varillas, materiales pétreos que puedan utilizarse dentro de la misma obra para rellenos, nivelaciones (esto queda a consideración del residente de obra ya que tienen que considerarse las características constructivas), durmientes, entre otros.
2. Materiales reciclables, por ejemplo, chatarra, restos de lámina, embalajes, etc.
3. Material de tiro o sin posibilidad de separación o materiales deteriorados sin valor de recuperación.

Procedimientos de Manejo

Se recomienda realizar la segregación inmediata que contempla la separación en el punto de generación, el registro de los volúmenes por categoría y el uso de contenedores diferenciados con etiquetado claro y visible.

Durante el manejo se recomienda hacer uso de quipos de protección personal para evitar lesiones con materiales punzocortantes o muy pesados.

Así mismo, para los materiales de tiro se deberá realizar el transporte con cubiertas para el control de generación de polvos.

Almacenamiento Temporal

Zona de materiales reutilizables:

- Ubicación: Área techada y ventilada
- Características: Piso firme, señalización clara
- Tiempo máximo: 6 meses para maderas, 1 año para metales

Zona de materiales reciclables:

- Ubicación: Área delimitada con letreros identificatorios
- Separación: Contenedores específicos por tipo de material
- Tiempo máximo: 3 meses
- Medidas especiales: Protección contra dispersión por viento

Zona de materiales pétreos:

- Ubicación: Área compactada y delimitada
- Características: Drenaje perimetral, acceso vehicular

- Medidas de control: Cubierto con lonas o humedecimiento constante
- Tiempo máximo: 12 meses

Durante el almacenamiento temporal se recomienda que estas zonas cuenten con cercado perimetral, señalización, accesos controlados, estén alejadas escurrimientos o terrenos con pendientes.

Disposición Final

Los RME podrán ser entregados a centros de acopio certificados para su recepción, en plantas de trituración y reciclaje de concreto, centros de reciclaje de chatarra o al mismo contratista para su rehúso posterior en el caso de materiales como madera.

En el caso de materiales de tiro, es importante que los bancos cuenten con permisos y autorizaciones vigentes y se deberá realizar el seguimiento hasta su disposición final con manifiestos de entrega recepción y registro de bitácora diaria con los siguientes datos:

- Fecha y turno de generación
- Tipo y cantidad de RME generado por frente de trabajo
- Clasificación realizada y observaciones
- Condiciones de almacenamiento y medidas aplicadas
- Personal responsable de las actividades
- Control de salidas: fecha y hora de retiro
- Empresa transportista
- Volumen del material

Fecha: _____ Frente: _____ Responsable: _____

Generación:

- Concreto: ____ m^3 - Clasificación: _____

- Metal: ____ kg - Observaciones: _____

- Madera: ____ m^3 - Almacén asignado: _____

- Pétreos: ____ ton - Medidas especiales: _____

Disposición:

- Material: _____ - Cantidad: _____

- Transportista: _____ - Destino: _____

- Manifiesto No.: _____ - Hora salida: _____

Figura 64. Ejemplo de formato de bitácora para el control de residuos

Indicadores de Desempeño

- Volumen total de RME generado
- Distribución por tipo de material
- Fechas de almacenamiento temporal
- Cumplimiento de procedimientos establecidos
- Cumplimiento Normativo:
  - Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

- Reglamento de la LGPGIR
- Normas Oficiales Mexicanas aplicables
- Lineamientos de la SCT para obras ferroviarias

II.5.3 RESIDUOS PELIGROSOS (RP)

Los residuos peligrosos generados corresponden a la categoría de inflamables y tóxicos, derivados principalmente de actividades de mantenimiento y operación de maquinaria y equipos. Entre los residuos identificados se encuentran: trapos o estopas impregnadas con grasas, aceites y solventes; envases vacíos de pintura y solventes; aceites y lubricantes usados; y filtros contaminados con hidrocarburos. Todos estos residuos cumplen con características CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o biológico-infecciosos), principalmente inflamabilidad y toxicidad, conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Puntos de generación

Los principales puntos de generación de RP se ubican en áreas de operación y mantenimiento de la obra. Entre ellos destacan: talleres de mantenimiento de maquinaria y vehículos, patios de resguardo, así como áreas de trabajo con equipos de combustión interna (motosierras, compactadoras manuales y maquinaria auxiliar). Estos puntos concentran la manipulación de sustancias químicas, lubricantes y combustibles, lo que incrementa el riesgo de generación de RP.

Manejo de RP

El manejo de residuos peligrosos comprenderá la identificación, separación en sitio y etiquetado individual conforme a la normativa vigente. Los residuos serán colectados en recipientes o contenedores adecuados, resistentes y cerrados herméticamente, evitando fugas y derrames. Cada recipiente será etiquetado con información específica (tipo de residuo, fecha de acopio, peligrosidad y generador). Se llevará un control documental mediante bitácoras de ingreso y salida, manifiestos de transporte y comprobantes de disposición final, en cumplimiento con la NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.

El procedimiento de manejo incluirá las siguientes etapas:

1. Recolección: Los RP serán reunidos directamente en contenedores en cada punto de generación.
2. Traslado interno: Los residuos serán trasladados a un área de almacenamiento temporal en condiciones seguras.
3. Almacenamiento: Se garantizará la segregación por tipo de residuo y el resguardo en envases adecuados.
4. Registro: Se documentará cada movimiento en bitácora, incluyendo fechas y cantidades.
5. Entrega a empresa autorizada: Se contratará un prestador de servicios certificado por SEMARNAT para transporte, tratamiento y disposición final.

Almacenamiento temporal

El área de almacenamiento temporal contará con piso impermeable, señalización visible, equipo contra incendios (extintores tipo ABC), drenaje pluvial independiente y cubierta que proteja contra la intemperie. Los residuos se dispondrán en contenedores cerrados y

etiquetados, evitando mezclas incompatibles. Se establecerán medidas de seguridad como acceso controlado, ventilación natural y capacitación al personal en manejo de emergencias. El tiempo de resguardo temporal no excederá los seis meses.

Disposición final

Los residuos peligrosos serán entregados a una empresa autorizada por SEMARNAT para su transporte y disposición final. El destino podrá incluir procesos de reciclaje, procesamiento o confinamiento en sitios autorizados, dependiendo de la naturaleza del residuo. El generador conservará los manifiestos y certificados de disposición como comprobantes legales. La trazabilidad de cada residuo será garantizada desde su generación hasta su disposición final.

Indicadores

Para evaluar la gestión de RP se implementarán los siguientes indicadores:

- Cantidad de residuos peligrosos generados (kg/mes).
- Cantidad de residuos entregados con manifiesto y disposición autorizada.
- Número de incidentes o derrames registrados (cero meta).
- Cumplimiento de capacitación del personal.

Estos indicadores permitirán medir la eficiencia del manejo, identificar áreas de mejora y asegurar el cumplimiento normativo.

II.6 GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

II.6.1 IDENTIFICAR POR ETAPAS DEL PROYECTO, EN SU CASO LAS FUENTES GENERADORAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Durante la construcción del proyecto de modernización carretera, el uso de vehículos, maquinaria pesada y equipos con motor de combustión interna implica el consumo de combustibles fósiles, lo que genera emisiones a la atmósfera.

Contaminantes considerados:

- Material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$): mezcla de partículas sólidas y líquidas (polvos, humos) que permanecen suspendidas en el aire; se clasifican por su diámetro aerodinámico (≤10 µm y ≤2.5 µm). Se generan principalmente durante actividades de excavación, acarreo y tránsito de vehículos en superficies sin pavimentar.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x: NO y NO_2): se forman durante la combustión en motores diésel; contribuyen al smog fotoquímico y lluvia ácida. Aunque NO_x no es un GEI de larga vida, su importancia es relevante a nivel local y regional por sus efectos en la calidad del aire.
- Monóxido de carbono (CO): producto de combustión incompleta; tóxico en altas concentraciones.
- Dióxido de carbono (CO_2): principal producto de la combustión de combustibles fósiles; gas de efecto invernadero (GEI) de referencia.
- Metano (CH_4): GEI de vida media (~11–12 años); se emite en pequeñas cantidades en motores de combustión.
- Óxido nitroso (N_2O): GEI de larga vida con alto potencial de calentamiento; se emite en trazas por motores de combustión interna.

Fuentes móviles y maquinaria generadora de gases de efecto invernadero por etapa o tipo de obra

1) Terracerías y movimiento de tierras

Las actividades de corte, relleno, desmontes, despalmes y formación de terraplenes requieren maquinaria pesada como:

- Tractor oruga
- Excavadora
- Cargador frontal
- Moto-conformadora
- Compactador vibratorio / pata de cabra
- Camión articulado
- Camión de volteo
- Camión cisterna para riego de control de polvo

2) Estructuras mayores

Para movimientos de izajes, excavaciones, entre otros.

- Grúa sobre oruga
- Grúa telescópica
- Equipo de pilotaje (vibrohincador/hincadora)
- Bomba de concreto
- Camión revolvedor

3) Obras hidráulicas y de drenaje (alcantarillas, cajones, bóvedas, canales, obras de desvío)

- Retroexcavadora
- Excavadora
- Grúa telescópica
- Compactador
- Bomba de concreto
- Camión de volteo

4) Obras de pavimentación

Incluye capas de subrasante, subbase, base hidráulica y mezclas asfálticas.

- Motoconformadora
- Extendedora o pavimentadora (asfalto)
- Fresadora (cuando aplica)
- Compactador vibratorio y neumático
- Planta de asfalto (si se encuentra dentro del área de influencia)
- Camión de volteo

5) Señalamiento y dispositivos de seguridad

Aunque menos intensivo en emisiones que otras etapas:

- Camionetas de servicio
- Grúa móvil para instalación de estructuras de señalamiento
- Compresores móviles para anclajes o equipos neumáticos

6) Vehículos y equipos de apoyo operativo

Presentes en todos los frentes:

- Pick up 4x4
- Camión grúa
- Tracto camión
- Camión cisterna de combustible
- Vehículos de supervisión y logística

II.2.6.2 DETERMINACIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO QUE SE GENERARAN DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO, COMO SEA EL CASO DE VAPOR DE AGUA, $C0_2$, CH_4, N_20, CFC, O_3, ENTRE OTROS

Durante la etapa de construcción del proyecto de modernización carretera se llevarán a cabo diversas actividades que requieren el uso de maquinaria pesada, vehículos de carga, equipos de apoyo y plantas móviles con motores de combustión interna. El funcionamiento de estos equipos implica el consumo de combustibles fósiles —principalmente diésel y gasolina—, lo cual genera emisiones atmosféricas que incluyen gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes.

En atención a lo anterior, se presenta un inventario de emisiones, identificando los compuestos emitidos, su origen y fuentes generadoras específicas dentro del proyecto.

Identificación y descripción de fuentes generadoras durante la construcción:

Como ya se mencionó en el apartado anterior, las fuentes que generarán los contaminantes anteriores corresponden principalmente a maquinaria pesada, vehículos de carga y equipos auxiliares utilizados en distintos frentes de obra, de tal manera, que a continuación se presentan los gases que serán generados en cada grupo de actividades y sus fuentes generadoras.

1. Terracerías y movimiento de tierras

Tractor oruga, excavadoras, cargadores frontales, motoconformadoras, compactadores, camiones articulados, camiones de volteo y camiones cisterna.

- **Contaminantes generados:** PM_{10}, $PM_{2.5}$ (por manipulación de materiales), CO_2, CO, NO_x, CH_4 y N_2O (por combustión de diésel).

2. Construcción de estructuras (ampliación de puente)

Grúas, vibrohincadores, camiones revolvedores y bombas de concreto.

- **Contaminantes generados:** CO_2, CO, NO_x, CH_4, N_2O.

3. Obras hidráulicas y drenaje (alcantarillas, cajones, bóvedas)

Retroexcavadoras, excavadoras, grúas telescópicas, compactadores y camiones de volteo.

- **Contaminantes generados:** PM_{10}, $PM_{2.5}$, CO_2, CO, NO_x, CH_4, N_2O.

4. Pavimentación

Extendedoras de asfalto, motoconformadoras, fresadoras, compactadores y camiones de volteo.

- **Contaminantes generados:** CO_2, CO, NO_x, CH_4, N_2O; emisiones secundarias de PM durante manipulación de agregados.

5. Obras complementarias y señalamiento

Grúas móviles, camionetas de servicio, compresores y vehículos de apoyo.

- **Contaminantes generados:** CO_2, CO, NO_x, CH_4, N_2O.

2.6 Vehículos de apoyo y logística

Pick-ups, tractocamiones, camiones cisterna y vehículos de supervisión.

- **Contaminantes generados:** CO_2, CO, NO_x, CH_4, N_2O.

REFERENCIAS

Ayuntamiento de Temascaltepec, 2024. *Localización y extensión.* [En línea] Available at: https://temascaltepec.edomex.gob.mx/localizacion-extension

Comunicaciones, S. d. I. C. y. T., 2025. *Gobierno de México.* [En línea] Available at: https://www.gob.mx/sct/documentos/programa-sectorial-de-infraestructura-comunicaciones-y-transportes-2025-2030?idiom=es
[Último acceso: 10 2025].

DOF, D. O. d. l. F., 2025. *Programa Sectorial de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2025-2030..* [En línea] Available at: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5767340&fecha=05/09/2025#gsc.tab=0

Gobierno de México, 2018. *Proyecto APP Consistente en la Rehabilitación y Conservación de una Red Carretera Libre de Peaje con una longitud de 1637.8 Km con residencia en Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Toluca.* [En línea] Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://jcem.edomex.gob.mx/sites/jcem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/INFRAESTRUCTURA%20CARRETERA/APP/01%20DESCRIPCI%C3%93N%20DEL%20PROYECTO%20Y%20VIABILIDAD%20T%C3%89CNICA.pdf

Gobierno de México, 2023. *Ley de Aguas Nacionales.* [En línea].

Gobierno del Estado de México, 2019. *Estudios de estructuración necesarios para la implementación del proyecto (APP: rehabilitación y conservación de una red carretera libre de peaje con una longitud de 1637.8 Km con una residencia en Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Toluca)..* [En línea] Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://jcem.edomex.gob.mx/sites/jcem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/INFRAESTRUCTURA%20CARRETERA/APP/05%20ESTUDIO%20DE%20VIABILIDAD%20AMBIENTAL.pdf?utm_source=chatgpt.com

INEGI, I. N. d. E. y. G., 2010. *Compendio de información geográfica municipal 2010,* s.l.: s.n.

CAPÍTULO III: VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

Contenido

III.1. Introducción 3
III.2. Disposiciones jurídicas aplicables 3
III.2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 3
III.2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 4
III.2.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 9
III.2.4. Ley General de Vida Silvestre 17
III.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 19
III.2.6. Ley General de Cambio Climático 23
III.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 26
III.2.8. Ley de Aguas Nacionales 29
III.2.9. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal 33
III.3. Ordenamientos Ecológicos Territoriales 34
III.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio 35
III.3.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México 43
III.3.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca del Territorio del Estado de México 59
III.3.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur 72
III.4. Áreas de Importancia Ecológica 96
III.4.1. Áreas Naturales Protegidas 96
III.4.2. Regiones CONABIO 133
III.5. Planes y Programas de Desarrollo 135
III.5.1. Programa Nacional de Infraestructura Carretera 2025-2030 135
III.5.2. Plan de Desarrollo del Estado de México 2023 – 2029 136
III.5.4. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec 141
III.6. Normas Oficiales Mexicanas 160
III.6.1. En materia de flora y fauna 160
III.6.2. En materia de residuos peligrosos 161

III.6.3. En materia de ruido 161
III.6.4. En materia de emisiones atmosféricas 162
III.6.5. En materia de suelos 163
III.7. Normas de construcción de la SCT 163
III.7.1. Normas sobre terracerías 164
III.7.2. Normas sobre estructuras 165
III.7.3. Normas sobre drenaje y subdrenaje 165
III.7.4. Normas sobre pavimentos 166
III.8. Conclusiones 167
III.9 Bibliografía 170

CAPÍTULO III: VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

III.1. Introducción

La vinculación de las obras y actividades que se proyectan con el marco legal vigente aplicable es parte fundamental del contenido de la presente manifestación de impacto ambiental, modalidad regional (MIA-R), por lo que, en observancia a lo dispuesto en el Artículo 13 fracción III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), se presenta la vinculación de las obras y actividades del proyecto con lo dispuesto en los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos de relevancia y aplicación en la zona de estudio donde se llevaran a cabo los trabajos propuestos, a fin de sujetarse a los lineamientos de cada disposición ambiental con validez oficial y mostrar la viabilidad y la congruencia de los objetivos del proyecto con los objetivos que pretenden todos y cada uno de los ordenamientos aplicables en la regulación de su desarrollo y construcción, dando así, certidumbre de la viabilidad jurídico ambiental del proyecto.

III.2. Disposiciones jurídicas aplicables

Para el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables que regulan las obras y actividades relacionadas con las vías generales de comunicación y con las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales fue necesario considerar en primera instancia la ubicación, dimensión, características y alcances del proyecto, así como las condiciones actuales del medio biótico, abiótico y antrópico de la región o zona donde se llevarán a cabo los trabajos propuestos.

Lo anterior para identificar y analizar la compatibilidad de la obra con los lineamientos establecidos en el articulado de las disposiciones jurídicas ambientales y así sustentar la viabilidad y soporte jurídico del mismo.

III.2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Última reforma publicada en el DOF el 15 de octubre de 2025.

Soporte Legal:	
Título Primero. **Capítulo I. De los Derechos Humanos y sus Garantías**	
Artículo 1.	En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece. Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la

	materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia. Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley. (…)
Artículo 4, Párrafo Quinto y Párrafo Vigésimo	Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizara el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generara responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la Ley. Toda persona tiene derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.

Vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

El presente proyecto vigila que las disposiciones de esta Norma Suprema y de las leyes secundarias que de ella emanan, ya sean federales, estatales o locales sean acatadas, que los trabajos que son necesarios para el cumplimiento de los objetivos del propio proyecto sean dirigidos a la satisfacción de las disposiciones que son aplicables para garantizar el respeto de los derechos humanos y las garantías de todos los habitantes de este país para alcanzar el bien común y la satisfacción de sus necesidades.

III.2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Última reforma publicada en el DOF el 01 de abril de 2024.

Soporte Legal:	
TITULO PRIMERO. Disposiciones Generales. CAPÍTULO I. Normas Preliminares	
Artículo 1, fracciones I, III, V y V.	La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: • Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; • La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; • El aprovechamiento sustentable, la preservación y restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; y • La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

Artículo 3, fracciones III, XI, XXV, XXVI, XXVII y XXXIV.	Para los efectos de esta Ley se entiende por: • Aprovechamiento sustentable: la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos; • Desarrollo Sustentable: el proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras; • Preservación: el conjunto de políticas y medidas anticipadas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales; • Prevención: el conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente; • Protección: el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro; • Restauración: conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.
CAPÍTULO II. Distribución de Competencias y Coordinación	
Artículo 5, fracción X.	Son facultades de la federación: • La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;
CAPÍTULO III. Política Ambiental	
Artículo 15, fracción II, III, IV, VI, XII y XIII.	Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios: • Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad; • Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico; • Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueve o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

	• La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos; • Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho; • Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad, de acuerdo a lo que determine la presente Ley y otros ordenamientos aplicables.
CAPÍTULO IV. Instrumentos de Política Ambiental. Sección V. Evaluación del Impacto Ambiental	
Artículo 28, fracciones I, VII, X y XI.	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 alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente de la autorización en materia de impacto ambiental de la secretaría: • (…) vías generales de comunicación, (…); • Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas. • Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales. (…) • Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación.
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. (…)

III.2.2.1. Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Última reforma publicada en el DOF el 31 de octubre de 2014.

Soporte Legal:	
CAPÍTULO I. Disposiciones Generales.	
Artículo 1.	El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.
Artículo 3, fracciones I TER, XIII y XIV.	Para los efectos del presente reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley y, entre otras, las siguientes: • Cambio de uso de suelo: como la 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; • Medidas de prevención: conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente y; • Medidas de mitigación: conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos 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.
Artículo 4, fracción I.	Compete a la secretaría: • Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento.
CAPÍTULO II. De las Obras o Actividades que requieren autorización en materia de Impacto Ambiental y de las Excepciones	
Artículo 5, incisos B), O), R) y S).	Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente de la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. • Vías generales de comunicación: construcción de carreteras, (…) • Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas: cambio de uso del suelo (…) de vías generales de comunicación. • Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales: cualquier tipo de obra civil, (…) • Obras en áreas naturales protegidas: cualquier tipo de obra o instalación dentro de las áreas naturales protegidas competencia de la Federación, (…)
CAPÍTULO III. Del Procedimiento para la Evaluación del Impacto Ambiental	
Artículo 11, fracción I.	Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: • (…), carreteras (…)

Artículo 13 fracciones I - VIII.	La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: • Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; • Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; • Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; • Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; • Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; • Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; • Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y • Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.
Artículo 14.	Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.

Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental:

Por su ubicación, dimensión, características y alcance, las obras y actividades que forman parte del presente proyecto se encuentran reguladas en materia de impacto ambiental por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por lo que, en cumplimiento a estas disposiciones jurídicas, se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el contenido del presente manifiesto de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) para su análisis y dictamen correspondiente.

Lo anterior, en virtud de que se proponen obras y actividades para una vía general de comunicación que involucra un cambio de uso de suelo de áreas forestales, dentro de un área natural protegida federal, es decir, los trabajos que se proyectan son para la modernización de las especificaciones técnicas de la carretera existente Toluca - Tejupilco en el Estado de México, para lo cual, será necesario desarrollar previamente actividades de remoción de vegetación forestal, lo cual, implica modificar la vocación natural de terrenos con presencia de vegetación forestal, todo esto, en la Zona de Amortiguamiento del "Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Estado de México".

Así también, en observancia a los principios de política ambiental establecidos en el Artículo 15 de la LGEEPA, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto se describen detalladamente las medidas de mitigación que se ejecutarán con la finalidad de evitar o reducir

al mínimo los impactos sobre el ambiente, mismas que, resultan del análisis efectuado a los posibles efectos de las obras y actividades planteadas, y en los que fueron considerados de forma conjunta las características ambientales de la zona de estudio donde se ubica el proyecto.

III.2.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Última publicación publicada en el DOF el 01 de abril de 2024.

Soporte Legal:	
TÍTULO PRIMERO. De las Disposiciones Generales. Capítulo I. Objeto y Aplicación de la Ley	
Artículo 1.	La presente 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 el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73, fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Cuando se trate de recursos forestales cuya propiedad o legítima posesión corresponda a los pueblos y comunidades indígenas se observará lo dispuesto por el artículo 2o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
Artículo 7, fracciones V Bis, VI, XII, XXXVIII Bis, LII, LVI, LX Bis, LXX, LXXI, LXXI Bis, LXXX y LXXXI.	Para los efectos de esta Ley se entenderá por: • Bosque: ecosistema forestal principalmente ubicado en zonas de clima templado en el que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan de forma espontánea y que cuentan con las características para ser considerados terrenos forestales arbolados de acuerdo con esta Ley. • Cambio de uso de suelo en terreno forestal: la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales. • Compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales: las obras y actividades de restauración de suelos, reforestación, protección y mantenimiento, que se realizan con el fin de rehabilitar ecosistemas forestales deteriorados, de controlar o evitar los procesos de degradación de los mismos y de recuperar parcial o totalmente las condiciones que propicien su persistencia y evolución; • Otros terrenos forestales: terrenos cubiertos de vegetación forestal que no reúnen las características para ser considerados terrenos forestales arbolados. • Reforestación: establecimiento de especies forestales en terrenos forestales.

	• Restauración forestal: conjunto de actividades tendientes a la rehabilitación de un ecosistema forestal para recuperar parcial o totalmente sus funciones originales. • Selva: Ecosistema forestal de clima tropical en el que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, excluyendo los acahuales y guamiles y que cuentan con las características para ser considerados terrenos forestales arbolados de acuerdo con esta Ley. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar, de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. • Terreno diverso al forestal: es el que no reúne las características y atributos biológicos definidos para los terrenos forestales. • Terreno forestal: es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales. • Terreno forestal arbolado: terreno forestal que se extiende por más de 1,500 metros cuadrados dotado de árboles de una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al diez por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. Incluye todos los tipos de bosques y selvas de la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía que cumplan estas características. • Vegetación forestal: es el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales. • Vegetación secundaria nativa: aquella vegetación forestal que surge de manera espontánea como proceso de sucesión o recuperación en zonas donde ha habido algún impacto natural o antropogénico.
TÍTULO SEGUNDO. De la Concurrencia y la Coordinación Interinstitucional. Capítulo I. De la Distribución de Competencias en Materia Forestal	
Artículo 10, fracción XXX.	Son atribuciones de la Federación: • Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso del suelo de los terrenos forestales, así como controlar y vigilar el uso del suelo forestal.
Artículo 14, fracción XI.	La Secretaría ejercerá las siguientes atribuciones: • Expedir, por excepción, las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
TÍTULO CUARTO. De los Procedimientos en Materia Forestal Capítulo I. Disposiciones Comunes a los Procedimientos en Materia Forestal	
Artículo 54.	Las autorizaciones, avisos, informes y otros actos previstos en esta Ley, sólo se otorgarán a los propietarios y poseedores de los terrenos que legalmente tengan derecho a ello. Cuando la solicitud de una autorización o aviso en materia forestal sobre terrenos propiedad de un ejido o comunidad agraria, comunidad indígena o

	afromexicana sea presentada por un tercero, éste deberá acreditar el consentimiento del núcleo agrario o de la comunidad indígena o afromexicana mediante el acuerdo de asamblea que lo autorice, de conformidad con la Ley Agraria y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en lo que corresponde a comunidades indígenas y afromexicanas. Las disposiciones de este capítulo serán aplicables para la Comisión en los procedimientos que realice, así como para otras autoridades que en el marco de esta Ley asuman atribuciones de la Federación en materia forestal. La Secretaría, con la participación del Consejo correspondiente, podrá habilitar mecanismos de apoyo al dictamen de las solicitudes, avisos y atención de contingencias conforme a lo que establezca el Reglamento, incluyendo la conformación de cuerpos colegiados multidisciplinarios e interinstitucionales que apoyen estos procesos. De igual forma, la Secretaría, con el apoyo de la Comisión, proporcionarán la información de campo, cartográfica y estadística con la que cuenten para agilizar el análisis. Los titulares de los derechos de propiedad uso o usufructo de terrenos en donde exista un área de protección, deberán de hacerlo del conocimiento del adquiriente, del fedatario o autoridad, ante quien se vaya a realizar el acto de transmisión de estos derechos y deberá hacerse constar esta situación en la escritura correspondiente. El Reglamento de esta Ley establecerá los documentos con los que se considerará acreditada la posesión o derecho para realizar las actividades señaladas en esta Ley.
Sección Primera. De los Tramites en Materia Forestal	
Artículo 68, fracción I.	Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones: • Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción.
Sección Séptima. Del Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales	
Artículo 93.	La Secretaría sólo podrá autorizar 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, la capacidad de almacenamiento de carbono, 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. La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento.

	Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.
Artículo 98.	Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.

III.2.3.1. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Nuevo Reglamento publicado en el DOF el 09 de diciembre de 2020.

Soporte Legal:	
Artículo 1.	El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto reglamentar la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en el ámbito de competencia federal, en materia de conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento sustentables de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Su aplicación corresponde a la Secretaría, a través de las unidades administrativas que señale su Reglamento Interior o de los órganos administrativos desconcentrados denominados Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, según el ámbito de competencias que establezca la Ley, este Reglamento y otros ordenamientos jurídicos aplicables, así como a la Comisión en las materias cuyo ejercicio directo le atribuyan la Ley, el presente Reglamento y las disposiciones jurídicas que de ellos emanen.
Artículo 2, fracción XXV.	Para efectos del presente reglamento, además de las definiciones previstas en el artículo 7 de la Ley, se entenderá por: • Vegetación forestal de zonas áridas y semiáridas, aquella que se desarrolla en forma espontánea en regiones de clima árido o semiárido, formando masas mayores a 1,500 metros cuadrados. Se incluyen todos los tipos de matorral, Selva baja espinosa y chaparral de la clasificación del Instituto

	Nacional de Estadística y Geografía, así como cualquier otro tipo de vegetación espontánea arbórea o arbustiva que ocurra en zonas con precipitación media anual inferior a 500 milímetros.
TÍTULO TERCERO. De los Procedimientos en Materia Forestal Capítulo I. Disposiciones Comunes	
Artículo 30, fracciones I y II.	Los documentos con los que la Secretaría o la Comisión considerarán acreditados los derechos de propiedad o posesión sobre predios en aquellos casos en los que, conforme a lo dispuesto en los artículos 68 y 69 de la Ley o en el presente Reglamento, deba acreditarse ese derecho, son: • Copia certificada del título que acredite el derecho de propiedad o posesión respecto del terreno o terrenos objeto de la solicitud inscrito en el registro público correspondiente; tratándose de ejidos y comunidades, bastará con que se presente copia simple de dicho título y, en su caso, el número de folio de inscripción correspondiente, y • Copia certificada del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales.
Capítulo II. Autorizaciones, Avisos y Registros Sección VI. Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales	
Artículo 139 fracciones I-IV y fracciones I-V.	Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: • Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; • Lugar y fecha; • Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y • Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: • Copia simple de la identificación oficial del solicitante; • Original o copia certificada del instrumento con el cual se acredite la personalidad del representante legal o de quien solicite el Cambio de uso de suelo a nombre del propietario o poseedor del predio, así como copia simple para su cotejo; • Original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo; • Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea de conformidad con la Ley Agraria en la que conste el acuerdo de Cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, y • El estudio técnico justificativo, en formato impreso y electrónico o digital.

Artículo 141 fracciones I-XV.	Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente: • Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno; • Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georeferenciados y expresados en coordenadas UTM; • Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentra ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos; • Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna; • Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales; • Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrían después de la remoción de la Vegetación forestal; • Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso del suelo; • Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo; • Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo; • Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el suelo, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del Cambio de uso de suelo; • Servicios ambientales que serán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto; • Análisis que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; • Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; • Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y • Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas. La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georeferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema

	afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento. Para efectos de lo previsto en la fracción XIV del presente artículo, los interesados identificarán los criterios de los programas de ordenamiento ecológico que emitan las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, atendiendo al uso que se pretende dar al Terreno forestal.
Artículo 143.	La Secretaría o, en su caso la ASEA, sin perjuicio de lo previsto en el artículo 140, segundo párrafo, resolverá las solicitudes de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, conforme al procedimiento siguiente: • La autoridad revisará la solicitud y los documentos presentados y, en su caso, prevendrá por única vez al interesado dentro de los quince días hábiles siguientes para que presente la información o documentación faltante, la cual deberá entregarse dentro del término de quince días hábiles, contado a partir de la fecha en que surta efectos la notificación; • Transcurrido el plazo sin que se desahogue la prevención, se desechará el trámite; • La Secretaría o la ASEA enviarán copia del estudio técnico justificativo al Consejo Estatal Forestal que corresponda, para que emita su opinión técnica dentro del plazo de diez días hábiles siguientes a su recepción. En caso de no emitir dicha opinión dentro del plazo establecido, se entenderá que no tiene objeción. • En las autorizaciones de Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, la Secretaría o la ASEA deberán dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate; • Transcurrido el plazo a que se refiere la fracción anterior, dentro de los cinco días hábiles siguientes, la Secretaría o la ASEA notificarán al solicitante de la visita técnica al área objeto de la solicitud, misma que deberá efectuarse en un plazo de quince días hábiles, contado a partir de la fecha en que surta efectos la notificación. • Al término de la visita técnica se levantará un acta circunstanciada debidamente firmada por el solicitante o por quién este designe y por el personal autorizado por la Secretaría o la ASEA para la realización de la visita, y • Realizada la visita técnica, la Secretaría o la ASEA dentro de los quince días hábiles siguientes y sólo en caso de que el Cambio de uso de suelo solicitado actualice los supuestos a que se refiere el primer párrafo del artículo 93 de la Ley, determinará el monto de la Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 144 del presente Reglamento. Transcurrido este plazo sin que la Secretaría o la ASEA haya formulado el requerimiento de depósito ante el Fondo, se entenderá que la solicitud se resolvió en sentido negativo. Cuando en cualquier estado del procedimiento previsto en el presente artículo, se considere que alguno de los actos no reúne los requisitos necesarios, la Secretaría o la ASEA lo pondrán en conocimiento de la parte interesada,

	concediéndole un plazo de cinco días para su cumplimiento. Los interesados que no cumplan con lo dispuesto en este artículo, se les podrá declarar la caducidad del ejercicio de su derecho, en los términos previstos en la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.
Artículo 144.	La Secretaría o la ASEA determinarán el monto económico de Compensación ambiental correspondiente, de conformidad con lo establecido en el artículo 152 de este Reglamento y notificará al solicitante para que realice el Depósito respectivo ante el Fondo, en un plazo que no exceda de treinta días hábiles siguientes a que surta efectos dicha notificación. Una vez que el solicitante haya comprobado que realizó el Depósito a que se refiere el párrafo anterior, mediante copia simple de la ficha de depósito o del comprobante de transferencia electrónica, la Secretaría o la ASEA, expedirán la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales dentro de los diez días hábiles siguientes. Transcurrido este plazo sin que se expida la autorización, esta se entenderá concedida. La solicitud de autorización será negada en caso de que el interesado no acredite ante la Secretaría o la ASEA haber realizado el Depósito en los términos previstos en el presente artículo.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento:

La construcción del proyecto carretero implica efectuar previamente acciones de remoción de vegetación forestal, lo que en términos de los presentes preceptos significa un cambio de uso de suelo de terrenos forestales por la modificación de la superficie a intervenir para ser destinada de forma definitiva a actividades no forestales, en este caso, por la ocupación definitiva de un área proyectada para la modernización de una vía general de comunicación existente. Por lo que, en observancia a estas disposiciones jurídicas, el promovente del proyecto solicitará en su momento el permiso correspondiente de cambio de uso del suelo en terrenos forestales a la hoy Dirección General de Gestión Forestal, Suelos y Ordenamiento Ecológico de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales mediante el formato que expide para ello, y junto a ésta deberá presentarse el estudio técnico justificativo (ETJ) correspondiente, el cual para ser autorizado en materia forestal deberá dar cumplimiento a lo que establece el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable vigente, y los artículos 139 y 141 del Nuevo Reglamento en materia forestal.

Es así que, en cumplimiento a lo que establecen estas disposiciones jurídicas en materia forestal se presenta el proyecto denominado: "**Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la Carretera Toluca - Tejupilco, con longitud de 43.93 km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México**", para informar a la autoridad competente las áreas forestales que se verán afectadas con los trabajos de remoción de vegetación forestal; asimismo, para prevenir, remediar y compensar las afectaciones ambientales que se ocasionarán, se realizaran las medidas de mitigación que se describen en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

III.2.4. Ley General de Vida Silvestre

Última reforma publicada en el DOF el 16 de julio de 2025.

Soporte legal:	
Artículo 1.	La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentario del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. 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.
Artículo 3, fracciones II, IX y XX.	Para efectos de esta Ley se entenderá por: • Aprovechamiento no extractivo: las actividades directamente relacionadas con la vida silvestre en su hábitat natural que no impliquen la remoción de ejemplares, partes o derivados, y que, de no ser adecuadamente reguladas, pudieran causar impactos significativos sobre eventos biológicos, poblaciones o hábitat de las especies silvestres. • Conservación: la protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo. • Especies y poblaciones en riesgo: aquellas identificadas por la Secretaría como probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, con arreglo a esta Ley.
Artículo 4.	Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación (…)”
TÍTULO II. Política Nacional en material de Vida Silvestre y su Hábitat	
Artículo 5, fracciones I y II.	El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país. En la formulación y la conducción de la política nacional en materia de vida silvestre se observarán, por parte de las autoridades competentes, los principios establecidos en el artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Además, dichas autoridades deberán prever, entre otros, lo siguiente:

	• La conservación de la diversidad genética, así como la protección, restauración y manejo integral de los hábitats naturales, como factores principales para la conservación y recuperación de las especies silvestres • Las medidas preventivas para el mantenimiento de las condiciones que propician la evolución, viabilidad y continuidad de los ecosistemas, hábitats y poblaciones en sus entornos naturales. En ningún caso la falta de certeza científica se podrá argumentar como justificación para postergar la adopción de medidas eficaces para la conservación y manejo integral de la vida silvestre y su hábitat.
TÍTULO V. Disposiciones Comunes para la Conservación y el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre. CAPÍTULO I. Disposiciones Preliminares	
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.

III.2.4.1. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

Última publicación publicada en el DOF el 09 de mayo de 2014.

Soporte Legal:	
Artículo 1.	El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre.
Artículo 2, fracción XV.	Además de las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley General de Vida Silvestre y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para efectos del presente Reglamento se entenderá por: • Medidas de contingencia: las acciones que se aplicarán cuando se presenten situaciones que pudieran tener efectos sobre los ejemplares, poblaciones o especies de la vida silvestre y su hábitat, afectando negativamente el logro de las metas de que se traten y que se encuentran incorporadas en el plan de manejo.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento:

El presente proyecto requiere de la oportuna observancia de esta ley adjetiva como sustantiva, por ello, mediante el estudio en campo de la zona a intervenir se pudo tener un conocimiento claro de las condiciones del ecosistema a intervenir, de las especies lugareñas, de la cantidad de individuos, así como, de las estrategias a seguir en las diferentes etapas del proyecto para el manejo de la vida silvestre y de su hábitat, de manera que, en el contenido del capítulo VI de la

presente MIA-R se proponen las medidas de mitigación que se implementaron con la finalidad de evitar, remediar, atenuar y compensar los impactos ambientales que el proyecto origine durante su realización.

III.2.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Última reforma publicada en el DOF el 08 de mayo de 2023.

Soporte legal:	
TÍTULO PRIMERO. Disposiciones Generales. Capítulo Único. Objeto y Ámbito de Aplicación de la Ley	
Artículo 1, fracciones II y X.	La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social, con el objeto de garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano, propiciando el desarrollo sustentable con la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para: • Determinar los criterios a considerar en la generación y gestión integral de los residuos, para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y la protección de la salud humana. • Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetara su remediación.
Artículo 2, fracciones I, III, IV, V y X.	En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integral de los residuos a que se refiere esta Ley, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios: • El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; • La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas; • Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños; • La responsabilidad compartida de los productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios de manejo de residuos y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno es fundamental para lograr que el manejo integral de los residuos sea ambientalmente eficiente, tecnológicamente viable y económicamente factible;

	• La realización inmediata de acciones de remediación de los sitios contaminados, para prevenir o reducir los riesgos inminentes a la salud y al ambiente.
Artículo 5, fracciones XXX, XXXII, XXXIII y XXXIV.	Para los efectos de esta Ley se entiende por: • Residuos de manejo especial: son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos; • Residuos peligrosos: son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley; • Residuos sólidos urbanos: los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole; • Responsabilidad compartida: principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.
TÍTULO TERCERO. Clasificación de los Residuos CAPÍTULO ÚNICO. Fines, Criterios y Bases Generales	
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.
Artículo 19, fracciones I y VII.	Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: • Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la

	descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera; • Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.
TÍTULO QUINTO. Manejo Integral de Residuos Peligrosos CAPÍTULO I. Disposiciones Generales	
Artículo 40.	Los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos 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. En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables.
Artículo 42.	Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, pueden contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido autorizado por esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. No obstante, compartirán de manera solidaria la responsabilidad. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo. (…)
CAPÍTULO II. Generación de Residuos Peligrosos	
Artículo 45.	Los generadores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos deben 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. En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.
CAPÍTULO IV. Manejo Integral de los Residuos Peligrosos	
Artículo 54.	Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner

	en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.
CAPÍTULO V. Responsabilidad Acerca de la Contaminación y Remediación de Sitios	
Artículo 68.	Quienes resulten responsables de la contaminación de un sitio, así como de daños a la salud como consecuencia de ésta, estarán obligados a reparar el daño causado, conforme a las disposiciones legales correspondientes. Toda persona física o moral que, directa o indirectamente, contamine un sitio u ocasione un daño o afectación al ambiente como resultado de la generación, manejo o liberación, descarga, infiltración o incorporación de materiales o residuos peligrosos al ambiente, será responsable y estará obligada a su reparación y, en su caso, a la compensación correspondiente, de conformidad a lo previsto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
TÍTULO SEXTO. De la Prevención y Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial CAPÍTULO ÚNICO	
Artículo 95.	La regulación de la generación y manejo integral de los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial, se llevará a cabo conforme a lo que establezca la presente Ley, las disposiciones emitidas por las legislaturas de las entidades federativas y demás disposiciones aplicables.
Artículo 98.	Para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos de manejo especial, en particular de los neumáticos usados, las entidades federativas establecerán las obligaciones de los generadores, distinguiendo grandes y pequeños, y las de los prestadores de servicios de residuos de manejo especial, y formularán los criterios y lineamientos para su manejo integral.

III.2.5.1. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Última reforma publicada en el DOF el 31 de octubre de 2014.

Soporte legal	
TÍTULO PRIMERO. Disposiciones Preliminares	
Artículo 1.	El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (…)
Artículo 2,	Para efectos del presente Reglamento, además de las definiciones contenidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y en la

fracciones I, II, XVII y XIX.	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se entenderá por: • Almacenamiento de residuos peligrosos: acción de retener temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para evitar su liberación, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos. • Acopio: acción de reunir los residuos de una o diferentes fuentes para su manejo; • Recolección: acción de recoger residuos para transportarlos o trasladarlos a otras áreas o instalaciones para su manejo integral. • Relleno sanitario: instalación destinada a la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
Artículo 14.	El principio de responsabilidad compartida, establecido en la Ley, se aplicará igualmente al manejo integral de los residuos de manejo especial y sólidos urbanos que no se encuentren sujetos a plan de manejo conforme a la Ley, este Reglamento y las normas oficiales mexicanas.

Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su Reglamento:

La observancia de esta Ley y su Reglamento son de carácter obligatorios para el desarrollo de los trabajos que forman parte del proyecto, y es que, en dichos ordenamientos se mencionan las actividades relacionadas con la generación de residuos y las obligaciones para quienes los produzcan a fin de evitar daños en el ambiente, por lo que, para los diferentes residuos que se producirán durante el desarrollo de las obras y actividades propuestas se han dispuesto diferentes medidas de mitigación, entre las que destacan:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos y sustancias peligrosas y de manejo especial, así como, capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y de residuos peligrosos;
- Los residuos sólidos urbanos generados deberán ser recolectados y transportados al relleno sanitario por lo menos una vez por semana, también, deberán ser recolectados por una empresa autorizada o en su caso se deberán entregar al servicio de recolección municipal, se deberá contar con la autorización para poder depositar los residuos generados en el relleno sanitario municipal, y se realizará la contratación de una empresa de servicios de sanitarios portátiles, la cual será encargada del mantenimiento durante toda la ejecución de la obra.
- Se realizará el transporte de residuos de manejo especial a sitios autorizados, en el caso de restos de excavaciones o cortes que no sean aprovechados, será en bancos de tiro que cuenten con el permiso vigente correspondiente; y
- Se realizará la contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para realizar el transporte de residuos peligrosos hasta el sitio de confinamiento final, mismo que también deberá contar con autorización vigente de su funcionalidad.

III.2.6. Ley General de Cambio Climático

Última reforma publicada en el DOF el 01 de abril de 2024.

Soporte legal:	
TÍTULO PRIMERO. Disposiciones Generales. Capítulo Único	
Artículo 1.	La presente ley es de orden público, interés general y de observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción; establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, por ende, es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.
Artículo 2, fracciones I y III.	Esta Ley tiene por objeto: • Garantizar el derecho a un medio ambiente sano, estableciendo la concurrencia de facultades entre los tres órdenes de gobierno en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; • Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.
Artículo 3, fracciones II, IV, XVI, XXII y XXVIII.	Para efectos de esta Ley se entenderá por: • Adaptación: Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos. • Cambio climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. • Emisiones: Liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, incluyendo en su caso compuestos de efecto invernadero, en una zona y un periodo de tiempo específicos. • Fuentes emisoras: Todo proceso, actividad, servicio o mecanismo que libere un gas o compuesto de efecto invernadero a la atmósfera. • Mitigación: Aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero.
TÍTULO CUARTO. Política Nacional de Cambio Climático CAPÍTULO I. Principios	
Artículo 26, fracciones I, II, III, IV y VIII.	En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: • Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran; • Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;

	• Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático; • Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático; • Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause.
CAPÍTULO II. Adaptación	
Artículo 29, fracciones III y VI.	Se considerarán acciones de adaptación: • El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos; • La construcción y mantenimiento de infraestructura.
CAPÍTULO III. Mitigación	
Artículo 33, fracciones I y II.	Los objetivos de las políticas públicas para la mitigación, son: • Promover la protección del medio ambiente, el desarrollo sustentable y el derecho a un medio ambiente sano a través de la mitigación de emisiones; • Reducir las emisiones nacionales, a través de políticas y programas, que fomenten la transición a una economía sustentable, competitiva y de bajas emisiones en carbono, incluyendo instrumentos de mercado, incentivos y otras alternativas que mejoren la relación costo- eficiencia de las medidas específicas de mitigación, disminuyendo sus costos económicos y promoviendo la competitividad, la transferencia de tecnología y el fomento del desarrollo tecnológico.

Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático:

El presente estudio de impacto ambiental refiere obras y actividades para el proyecto denominado: "**Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la Carretera Toluca - Tejupilco, con longitud de 43.93 km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México**", lo que implica la presencia de impactos ambientales en el ecosistema de la zona a intervenir, los cuales son prevenibles, mitigables y compensables; por lo que, a fin de dar cumplimiento a los principios de sustentabilidad, corresponsabilidad, precaución, prevención y responsabilidad ambiental que observa la política nacional de cambio climático de esta Ley, la principal medida a ejecutar consiste en la realización de un programa de reforestación con especies nativas, cuyo objetivo es compensar los impactos del cambio de uso de suelo, la pérdida de hábitat, la disminución de la comunidad de flora y la modificación de su población o muerte de individuos, asimismo, se pretende compensar los componentes hidrológicos y del suelo, en los cuales se aumentará la pérdida de suelo, la compactación del suelo, el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como la disminución de los servicios ecosistémicos.

III.2.7. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental

Última reforma publicada en el DOF el 20 de mayo de 2021.

Soporte legal:	
TÍTULO PRIMERO. De la Responsabilidad Ambiental CAPÍTULO PRIMERO. Disposiciones Generales	
Artículo 1.	La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales. El proceso judicial previsto en el presente Título se dirigirá a determinar la responsabilidad ambiental, sin menoscabo de los procesos para determinar otras formas de responsabilidad que procedan en términos patrimoniales, administrativos o penales.
Artículo 2, fracciones III y XIV.	Para los efectos de esta Ley, se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por: • Daño al ambiente: pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables del hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley. • Sanción económica: El pago impuesto por la autoridad judicial para penalizar una conducta ilícita dañosa, dolosa con la finalidad de lograr una prevención general y especial e inhibir en el futuro comportamientos prohibidos.
Artículo 5.	Obra dolosamente quien, conociendo la naturaleza dañosa de su acto u omisión, o previendo como posible un resultado dañoso de su conducta, quiere o acepta realizar dicho acto u omisión.

Artículo 6, fracciones I y II.	No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: • Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que, • No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas. La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.
CAPÍTULO SEGUNDO. Obligaciones Derivadas de los Daños Ocasionados al Ambiente	
Artículo 10.	Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley. De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.
Artículo 11.	La responsabilidad por daños ocasionados al ambiente será subjetiva, y nacerá de actos u omisiones ilícitos con las excepciones y supuestos previstos en este Título. En adición al cumplimiento de las obligaciones previstas, cuando el daño sea ocasionado por un acto u omisión ilícitos dolosos, la persona responsable estará obligada a pagar una sanción económica. Para los efectos de esta Ley, se entenderá que obra ilícitamente el que realiza una conducta activa u omisiva en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias, a las normas oficiales mexicanas, o a las autorizaciones, licencias, permisos o concesiones expedidas por la Secretaría u otras autoridades.
Artículo 13.	La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su estado base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación. La reparación deberá llevarse a cabo en el lugar en el que fue producido el daño. Los propietarios o poseedores de los inmuebles en los que se haya ocasionado un daño al ambiente, deberán permitir su reparación, de conformidad a esta Ley. El incumplimiento a dicha obligación dará lugar a la imposición de medios de apremio y a la responsabilidad penal que corresponda.

	Los propietarios y poseedores que resulten afectados por las acciones de reparación del daño al ambiente producido por terceros, tendrán derecho de repetir respecto a la persona que resulte responsable por los daños y perjuicios que se les ocasionen.

Artículo 14, fracciones I y II, incisos a), b) y c).	La compensación ambiental procederá por excepción en los siguientes casos:
	• Cuando resulte material o técnicamente imposible la reparación total o parcial del daño, o
	• Cuando se actualicen los tres supuestos siguientes:
	  • Que los daños al ambiente hayan sido producidos por una obra o actividad ilícita que debió haber sido objeto de evaluación y autorización previa en materia de impacto ambiental o cambio de uso de suelo en terrenos forestales;
	  • Que la Secretaría haya evaluado posteriormente en su conjunto los daños producidos ilícitamente, y las obras y actividades asociadas a esos daños que se encuentren aún pendientes de realizar en el futuro, y
	  • Que la Secretaría expida una autorización posterior al daño, al acreditarse plenamente que tanto las obras y las actividades ilícitas, como las que se realizarán en el futuro, resultan en su conjunto sustentables, y jurídica y ambientalmente procedentes en términos de lo dispuesto por las Leyes ambientales y los instrumentos de política ambiental (…)
	
	En los casos referidos en la fracción II del presente artículo, se impondrá obligadamente la sanción económica sin los beneficios de reducción de los montos previstos por esta Ley. Asimismo, se iniciarán de manera oficiosa e inmediata los procedimientos de responsabilidad administrativa y penal a las personas responsables.
	
	Las autorizaciones administrativas previstas en el inciso c) de este artículo no tendrán validez, sino hasta el momento en el que el responsable haya realizado la compensación ambiental, que deberá ser ordenada por la Secretaría mediante condicionantes en la autorización de impacto ambiental, y en su caso, de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
	
	La compensación por concepto de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se llevará a cabo en términos de lo dispuesto por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
	
	Los daños patrimoniales y los perjuicios sufridos podrán reclamarse de conformidad con el Código Civil Federal.

Artículo 15.	La compensación ambiental podrá ser total o parcial. En este último caso, la misma será fijada en la proporción en que no haya sido posible restaurar, restablecer, recuperar o remediar el bien, las condiciones o relación de interacción de los elementos naturales dañados.
Artículo 16.	Para la reparación del daño y la compensación ambiental se aplicarán los niveles y las alternativas previstas en este ordenamiento y las Leyes ambientales. La falta de estas disposiciones no será impedimento ni eximirá de la obligación de restituir lo dañado a su estado base.

Artículo 17.	La compensación ambiental consistirá en la inversión o las acciones que el responsable haga a su cargo, que generen una mejora ambiental, sustitutiva de la reparación total o parcial del daño ocasionado al ambiente, según corresponda, y equivalente a los efectos adversos ocasionados por el daño. Dicha inversión o acciones deberán hacerse en el ecosistema o región ecológica en donde se hubiese ocasionado el daño. De resultar esto materialmente imposible la inversión o las acciones se llevarán a cabo en un lugar alternativo, vinculado ecológica y geográficamente al sitio dañado y en beneficio de la comunidad afectada. En este último caso serán aplicables los criterios sobre sitios prioritarios de reparación de daños, que en su caso expida la Secretaría en términos de lo dispuesto por la Sección 5, Capítulo Tercero del presente Título. El responsable podrá cumplir con la obligación prevista en el presente artículo, mediante la contratación de terceros.

Vinculación del proyecto con la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental:

En observancia a lo que establece esta Ley, se presenta ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT el estudio de impacto ambiental de las obras y actividades que forman parte del proyecto denominado: "**Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la Carretera Toluca - Tejupilco, con longitud de 43.93 km en el ANP ZPF Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México**", para ser sometido al procedimiento de evaluación del impacto ambiental y obtener la autorización correspondiente; así también, en el contenido del capítulo VI se han determinado acciones que permitan prevenir, remediar, disminuir y compensar los efectos que pudiera causar el desarrollo del proyecto sobre el medio ambiente, sin olvidar mencionar que, a través del cumplimiento de los términos y condicionantes incluidos en la resolución de la autoridad ambiental se evitará incurrir en responsabilidad en materia ambiental.

III.2.8. Ley de Aguas Nacionales

Última reforma publicada en el DOF el 08 de mayo de 2023.

Soporte legal:	
TÍTULO PRIMERO. Disposiciones Preliminares Capítulo Único	
Artículo 1.	La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Artículo 2.	Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente Ley señala. (…)
Artículo 3, fracciones I, IX, XI, XII, XLVII y XLVIII.	Para los efectos de esta Ley se entenderá por: • Aguas nacionales: son aquellas referidas en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos". • Bienes públicos inherentes: aquellos que se mencionan en el Artículo 113 de esta Ley; • Cauce de una corriente: el canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad; • Comisión Nacional del Agua: órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere. • Ribera o Zona Federal: 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 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; • Rio: corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.
TÍTULO TERCERO. Política y Programación Hídricas Capítulo Único. Sección Primera. Política Hídrica Nacional	
Artículo 14 BIS 5, fracciones I, IX y XVII.	Los principios que sustentan la política hídrica nacional, son: • El agua es un bien de dominio público federal, vital, vulnerable y finito, con valor social, económico y ambiental, cuya preservación en cantidad y calidad y sustentabilidad es tarea fundamental del Estado y la Sociedad, así como prioridad y asunto de seguridad nacional; • La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos. • Las personas físicas o morales que contaminen los recursos hídricos son responsables de restaurar su calidad, y se aplicará el principio de que "quien contamina, paga", conforme a las Leyes en la materia.
TÍTULO SÉPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental Capítulo I. Prevención y Control de la Contaminación del Agua	
Artículo 86 BIS 2.	Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.
TÍTULO NOVENO. Bienes Nacionales a Cargo de "la Comisión" Capítulo Único	
Artículo 113, fracciones III y IV.	La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de la "Comisión": • Los cauces de las corrientes de aguas nacionales. • Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el artículo 3 de esta Ley.

III.2.8.1. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Última reforma publicada DOF 25-agosto-2014.

Soporte legal:
TITULO PRIMERO. Disposiciones Preliminares

Capítulo Único	
Artículo 1.	El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales, por ello, cuando en el mismo se expresen los vocablos "Ley", "Reglamento", "La Comisión" y "Registro", se entenderá que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales, al presente Reglamento, a la Comisión Nacional del Agua y al Registro Público de Derechos de Agua, respectivamente.
Artículo 2, fracciones I, II, III, V y VI.	Para los efectos de este "Reglamento", se entiende por: • Aguas continentales, las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional. • Aguas residuales, las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso. • Barranca profunda: hendedura pronunciada que se forma en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces la anchura; • Corriente permanente, la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época del año, desde donde principia hasta su desembocadura. • Corriente intermitente, la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial.
TITULO SEPTIMO. Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas Capítulo Único	
Artículo 151.	Se prohíbe depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas.

Vinculación del proyecto con la Ley Aguas Nacionales y su Reglamento:

A fin de no alterar la dinámica hidrológica de la zona, el proyecto incluye 190 obras de drenaje transversal: 143 reemplazos, 2 ampliaciones, 41 obras nuevas y 4 que se mantienen iguales, las cuales, se subdividen en 188 obras menores (167 tubos de concreto, 12 losas de concreto, 3 cajones de concreto y 6 bóvedas), más dos obras mayores que consisten en la ampliación de un puente y la colocación de un tubo especial de 6.71 metros de diámetro. Resaltando que dichos trabajos no implican el uso, la explotación o el aprovechamiento de aguas nacionales.

De acuerdo a las definiciones de esta Ley y Reglamento, se consideraron que a lo largo del proyecto se encuentran seis (6) zonas federales que ocupan una superficie de 0.5899 hectáreas. En la siguiente tabla se presenta la ubicación por cadenamiento de la obra hidráulica con la que se relaciona, el escurrimiento de SIATL a la que corresponde y la superficie correspondiente al cauce o a las fajas de zonas federales.

No.	Km	Obra hidráulica	ID Escurrimiento SIATL	Características del escurrimiento	Tipo	Superficie (ha)
1	39+607.49	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	1328628 (Río Verde)	Corriente de agua perenne, longitud= 1465.02 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0171
					Zona Federal	0.0494
2	43+413.37	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5	1326590 (Río Agua Chula)	Corriente de agua perenne, longitud= 1015.849 m, orden 5	Cuerpo de agua	0.0373
					Zona Federal	0.0919
3	46+514.46	Paso Fauna tipo losa 3 x 2.5 m	1326837 (Arroyo Agua Zarca)	Corriente de agua perenne, longitud= 3435.00 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0309
					Zona Federal	0.1231
4	52+595.83	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	1329803 (Río Palo Amarillo)	Corriente de agua perenne, longitud= 1699.15 m, orden 4	Cuerpo de agua	0.0219
					Zona Federal	0.0668
5	63+518.47	Puente Rio Verde 30 x 9 m	1327836 (Arroyo verde)	Corriente de agua perenne, longitud= 1699.15 m, orden 5	Cuerpo de agua	0.0298
					Zona Federal	0.0746
6	65+285	Losa de concreto 10 x 7 m	1326244 (Afluente de Arroyo Verde)	Corriente de agua intermitente, longitud=1372.97, orden 2	Cuerpo de agua	0.0110
					Zona Federal	0.0361
Total						**0.5899**

Así también, para no afectar el funcionamiento de los escurrimientos existentes en la zona del proyecto, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R se propone la realización de diversas medidas de mitigación, entre las que se encuentran:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial
- Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de los cuerpos de agua
- Delimitación de áreas de trabajo.
- Trabajo en temporada de estiaje.
- No instalar obras provisionales o realizar actividades cerca de cuerpos de agua que no estén relacionados con obras de drenaje.
- Instalación de barreras de sedimentos
- Colocación de filtros de grava y piedra
- Estabilización de taludes
- Revegetación de márgenes de cauces

III.2.9. Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal

Última reforma publicada en el DOF el 16 de julio de 2025.

Soporte legal:	
TÍTULO PRIMERO. Del Régimen Administrativo de los Caminos, Puentes y Autotransporte Federal CAPÍTULO I. Del Ámbito de Aplicación de la Ley	
Artículo 1.	La presente 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, sus servicios auxiliares y el tránsito en dichas vías.
Artículo 2, fracciones I, inciso c), III y XVI.	Para los efectos de esta Ley, se entenderá por: • Caminos o carreteras. Los que en su totalidad o en su mayor parte sean construidos por la Federación; con fondos federales o mediante concesión federal por particulares, estados o municipios. • Derecho de vía: Franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía general de comunicación, cuya anchura y dimensiones fija la Secretaría, la cual no podrá ser inferior a 20 metros a cada lado del eje del camino. Tratándose de carreteras de dos cuerpos, se medirá a partir del eje de cada uno de ellos. • Vías generales de comunicación: Los caminos y puentes tal como se definen en el presente artículo.
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.
CAPÍTULO II. Jurisdicción y Competencia	
Artículo 5, fracciones II y V.	Es de jurisdicción federal todo lo relacionado con los caminos, puentes, así como el tránsito y los servicios de autotransporte federal 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: • Construir y conservar directamente caminos y puentes; • Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes.

Vinculación del proyecto con la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal:

El presente proyecto se vincula con esta Ley porque impulsa el desarrollo de infraestructura carretera en nuestro país a través de la autorización de obras financiadas con recursos de la federación. Así, el proyecto que hoy se somete a la evaluación de la autoridad ambiental competente contempla no contravenir las disposiciones legales contenidas en la Ley que se analiza.

III.3. Ordenamientos Ecológicos Territoriales[1]

De acuerdo a la información contenida en la página de la SEMARNAT existen veintiocho (28) ordenamientos ecológicos expedidos en el Estado de México. Así también, a nivel nacional se cuenta con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

[1] https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/ordenamiento.html

Al respecto, se corroboró que los ordenamientos ecológicos aplicables al presente proyecto, por su ubicación, dimensión, características y alcance son los siguientes:

1) Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, POEGT.
2) Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, POETEM.
3) Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca del Territorio del Estado de México, POERMMTEM.
4) Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur, POERTSNS.

A continuación, se presenta la vinculación de estas disposiciones jurídicas con las obras y actividades que se proyectan.

III.3.1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

El objeto del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio es:

- Promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos de las dependencias y entidades de la administración pública federal (APF); orientar la ubicación de las actividades productivas y de los asentamientos humanos; fomentar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y la biodiversidad; fortalecer el sistema nacional de áreas naturales protegidas; y apoyar la resolución de los conflictos ambientales, así como promover la sustentabilidad e incorporar la variable ambiental en los programas, proyectos y acciones de los sectores de la administración pública federal (APF).

Por su escala y alcance NO tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Cada sector tiene sus prioridades y metas, sin embargo, en su formulación e instrumentación, los sectores adquieren el compromiso de orientar sus programas, proyectos y acciones de tal forma que contribuyan al desarrollo sustentable de cada región, en congruencia con las prioridades establecidas en este programa y sin menoscabo del cumplimiento de programas de ordenamiento ecológico locales o regionales vigentes.

De acuerdo a la ubicación del proyecto en el modelo del programa de ordenamiento ecológico general del territorio, el proyecto se encuentra dentro de las unidades ambientales biofísicas denominada: "**UAB 120 Depresión de Toluca**", la "**UAB 55 Sierras Mil Cumbres**" y "**UAB 66 Depresión de Balsas**".

En la siguiente imagen se aprecia la ubicación del proyecto dentro de los límites territoriales de las unidades ambientales biofísicas antes mencionadas.

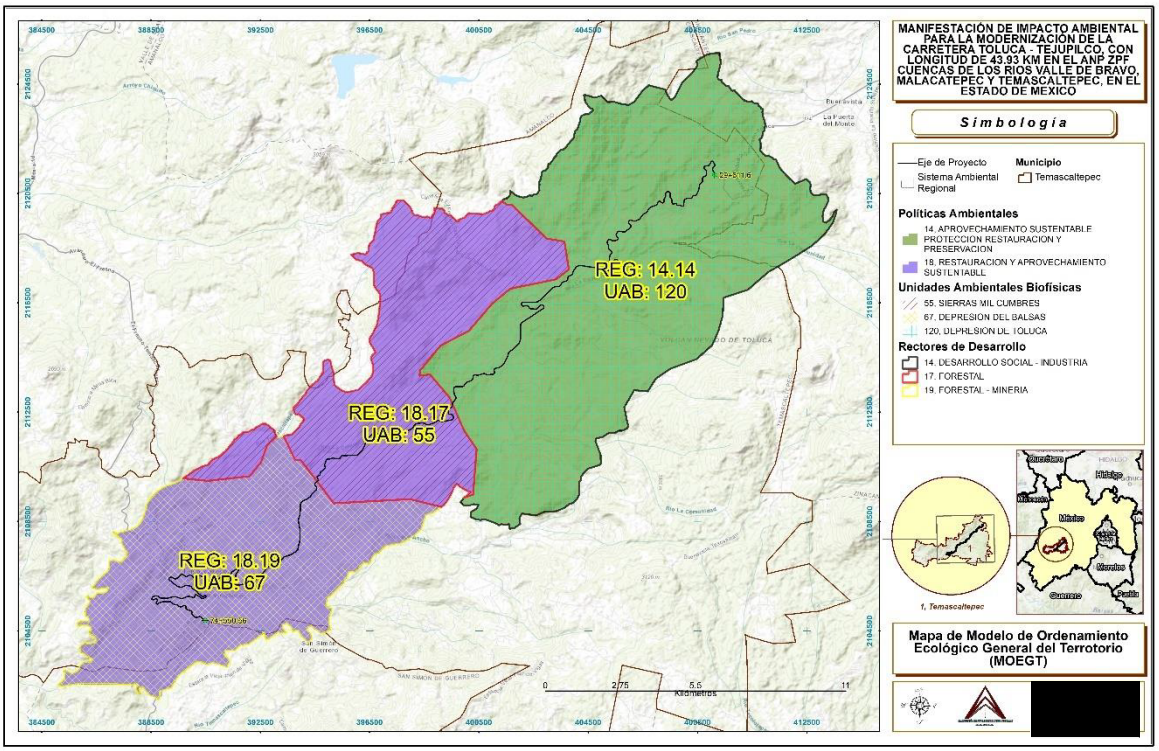


Imagen 1. Ubicación del eje del proyecto en la UAB 120 Depresión de Toluca, la UAB 55 Sierras Mil Cumbres y la UAB 67 Depresión de Balsas, del Modelo de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Las políticas ambientales y las estrategias sectoriales de la UAB que se analiza son las siguientes:

UAB	Políticas Ambientales	Estrategias Sectoriales
120. Depresión de Toluca	Aprovechamiento Sustentable, Protección, Restauración y Preservación	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
55. Sierras Mil Cumbre	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 18, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44
67. Depresión de Balsas	Restauración y Aprovechamiento Sustentable	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

A continuación, se describen las estrategias sectoriales establecidas en la unidad ambiental biofísica (UAB) antes descrita.

Estrategias Ecológicas de la UAB 120 Depresión de Toluca
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO
A) PRESERVACIÓN
1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad
2. Recuperación de especies en riesgo
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad
B) APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales
5. Aprovechamiento sustentables 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.
10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos
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
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 posicione en los mercados doméstico e internacional
17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras)
GRUPO II. DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SOCIAL E INFRAESTRUCTURA URBANA
A) SUELO URBANO Y VIVIENDA

24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio
B) ZONAS DE RIESGO Y PREVENCIÓN DE CONTIGENCIAS
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, alcantarillados 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
D) INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO URBANO Y REGIONAL
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 las mismas para impulsar el desarrollo regional
E) DESARROLLO SOCIAL
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
A) MARCO JURÍDICO INSTITUCIONAL

42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural
B) PLANEACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos
44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil

Estrategias Ecológicas de la UAB 55 Sierras Mil Cumbres
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO
B) APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales
5. Aprovechamiento sustentables de los suelos agrícolas y pecuarios
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales
8. Valoración de los servicios ambientales
C) PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
12. Protección de los ecosistemas
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes
D) RESTAURACIÓN
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos
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
18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector de hidrocarburos.
GRUPO II. DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SOCIAL E INFRAESTRUCTURA URBANA
A) SUELO URBANO Y VIVIENDA
24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio

B) ZONAS DE RIESGO Y PREVENCIÓN DE CONTIGENCIAS
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, alcantarillados y saneamiento de la región
D) INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO URBANO Y REGIONAL
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 las mismas para impulsar el desarrollo regional
E) DESARROLLO SOCIAL
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
A) MARCO JURÍDICO INSTITUCIONAL
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural
B) PLANEACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos

44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil

Estrategias Ecológicas de la 67 Depresión de Balsas
GRUPO I. DIRIGIDAS A LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DEL TERRITORIO
A) PRESERVACIÓN
1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad
2. Recuperación de especies en riesgo
3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad
B) APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE
4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales
5. Aprovechamiento sustentables de los suelos agrícolas y pecuarios
6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas
7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales
8. Valoración de los servicios ambientales
C) PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
12. Protección de los ecosistemas
13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes
D) RESTAURACIÓN
14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos
E) APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS
15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables
15. Bis. Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable
GRUPO II. DIRIGIDAS AL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA SOCIAL E INFRAESTRUCTURA URBANA
C) AGUA Y SANEAMIENTO
27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillados y saneamiento de la región
D) INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO URBANO Y REGIONAL

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
E) DESARROLLO SOCIAL
33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza
34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional
35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos
36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza
37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas
38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza
40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación
41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad
GRUPO III. DIRIGIDAS AL FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN Y LA COORDINACIÓN
A) MARCO JURÍDICO INSTITUCIONAL
42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural
B) PLANEACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos
44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil

Vinculación: Las estrategias ecológicas de las unidades ambientales biofísicas (UABs) analizadas no establecen limitaciones para el desarrollo de las obras y actividades que se proyectan, al contrario, presentan relación con la estrategia ecológica número 30 que a la letra dice:

> "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".

Así también, a fin contribuir con el objetivo de conservación de la riqueza natural del país de manera integral y sustentable que promueve este ordenamiento ecológico nacional, se llevarán a cabo diversas medidas de mitigación con el fin primordial de evitar, remediar, reducir y compensar impactos a los factores ambientales de la zona a intervenir, como las siguientes:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
- Instalación de barreras de sedimentos.
- Colocación de filtros de grava y piedra.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.
- Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros.
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre.
- Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*).
- Programa de adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna.
- Programa de Reforestación.
- Saneamiento Forestal.
- Limpieza del derecho de vía de la carretera y de las obras de drenaje asociadas al terminar la obra.
- Colocación de señalética prohibitiva.
- Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).
- Implementación de brechas cortafuegos.
- Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna.
- Implementación de brechas cortafuegos.

Medidas de mitigación que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

III.3.2. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México

Este modelo de ordenamiento tiene como objetivo obtener un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales y favorezca el desarrollo sustentable regional.

La actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México cumple con la necesidad de un cambio del modelo de ordenamiento existente para armonizar y alinear de manera concurrente varios instrumentos de planeación territorial como son:

i) Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales;
ii) Programas de Desarrollo Urbano Municipales, y
iii) Programas de Ordenamiento Ecológico Locales.

Para poder establecer una estrategia de armonización entre este conjunto de instrumentos, se realizó un estudio de los instrumentos jurídicos existentes, en particular la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente y su reglamento en materia de ordenamiento ecológico, el Código para la Biodiversidad del Estado de México, la Ley General de Asentamientos Humanos, El código Administrativo del Estado de México y demás instrumentos aplicables.

Con base en el presente estudio se estableció una jerarquía territorial para la elaboración del modelo de la presente Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México y en particular, del diseño de las unidades de gestión ambiental (UGA) y sus modificaciones.

Los instrumentos de planeación existentes en el territorio mexiquense incluyen áreas naturales protegidas federales, estatales, programas de desarrollo urbano municipales, programas de ordenamiento ecológico locales y los programas de ordenamiento ecológico regionales.

En el territorio existen áreas con una sobreposición de cuatro instrumentos en municipios como Donato Guerra, Valle de Bravo, Tlalmanalco, Ixtapaluca, Villa de Allende, etc. Se reconoció con base en ello niveles de planeación respecto del territorio y los recursos naturales:

1. Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales
2. Plan Estatal de Desarrollo Urbano
3. Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PDU)
4. Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL)
5. Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales (POER)
6. Áreas del territorio Estatal donde actualmente no aplica algún instrumento de regulación territorial o ambiental como los antes referidos.

Esta complejidad ha llevado a evaluar las casi 1,000 UGA de los POEL y POER con sus 300 estrategias y acciones, 1,659 criterios de regulación ecológica para proponer un modelo congruente aplicable a todo el territorio del estado.

La sobreposición de los instrumentos y la creación de nuevas UGA ha creado más de 12,000 polígonos derivados de diferencias en los límites administrativos o de errores de proyección cartográfica cuyo ajuste permite replantear el arreglo de UGAs y proponer criterios de regulación ecológica para disponer así de un modelo que permita llevar el estado hacia las metas definidas en la imagen objetivo.

De esta manera se logró compatibilizar la planeación a escala regional con instrumentos de planeación federales y municipales que quedan considerados en el presente instrumento.

Unidades de Gestión Ambiental (UGAs).

Las UGA se definen como porciones homogéneas del territorio que comparten las características naturales, sociales y productivas, así como problemáticas ambientales similares. Constituyen la unidad mínima de análisis del ordenamiento ecológico, a la cual se aplican políticas ambientales, lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológico con la finalidad de lograr un desarrollo sustentable.

La delimitación de las UGA del territorio del Estado de México consistió en una serie de procedimientos que permitió integrar los diferentes instrumentos de gestión territorial de los tres niveles de gobierno que inciden en el Estado de México. Cada uno de estos instrumentos se incorporó al proceso de definición de las UGA con diferente jerarquía y prioridad.

Además de las zonas cubiertas por instrumentos de gestión, de igual manera se consideraron las áreas que únicamente cuentan con el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México decretado en 2006 y modificado en 2009, el cual se actualiza con el presente proceso.

La zonificación final de UGA del presente instrumento está constituida en zonas, a las cuales se les asignará un manejo territorial específico de acuerdo al tipo de instrumento que sea considerado para cada una de ellas. El proceso de delimitación de las UGA siguió el siguiente proceso: Se delimitaron por tipo de instrumento:

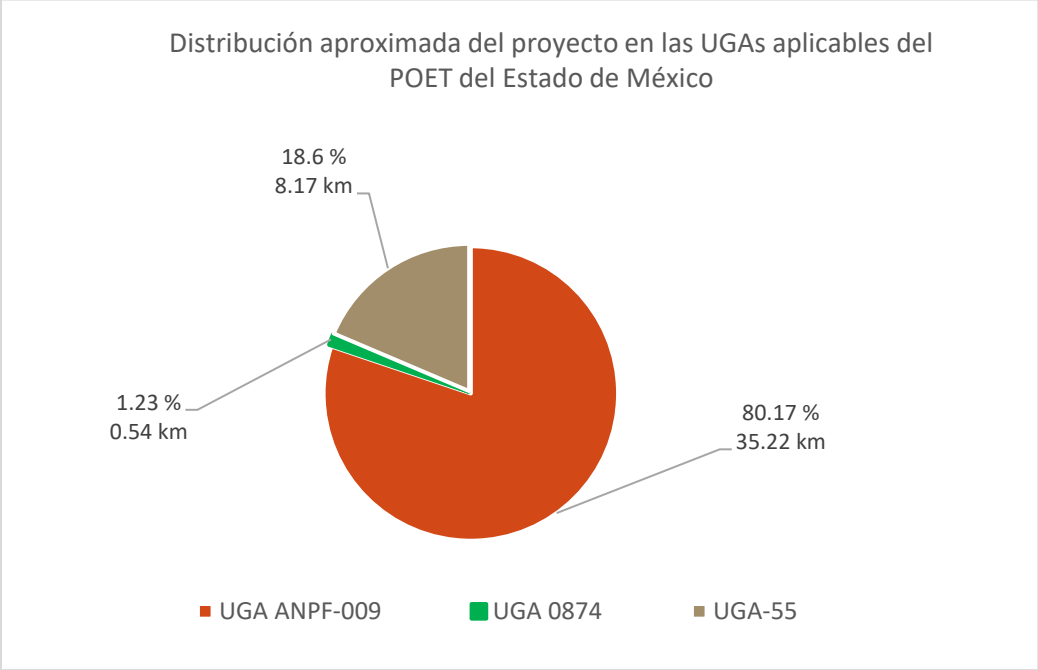
I. Áreas Naturales Protegidas Federales con Decretos y Programas de Manejo (ANPF).
II. Áreas Naturales Protegidas Estatales con Programas de Manejo (ANPE).
III. Plan Estatal de Desarrollo Urbano (Zonas Urbanas y Urbanizables).
IV. Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL).
V. Áreas Naturales Protegidas Estatales Sin Programas de Manejo (ANPESP).
VI. Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales (POER).
VII. Delimitación de unidades de gestión ambiental en zonas sin sobreposición de otros instrumentos.

En relación a lo anterior, las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) que regulan la zona del proyecto son las siguientes:

UGAs aplicables al proyecto
ANPF-009
0874
U-55

La distribución aproximada del proyecto en las unidades de gestión ambiental aplicables se muestra a continuación.

UGAs	Long. aproximada (km)	Porcentaje aproximado (%)
ANPF-009	35.22	80.17
UGA-0874	0.54	1.23
U-55	8.17	18.60
Total	**43.93**	**100.00**



En la siguiente imagen se aprecia la ubicación del proyecto dentro de los límites territoriales de las unidades de gestión ambientales aplicables.

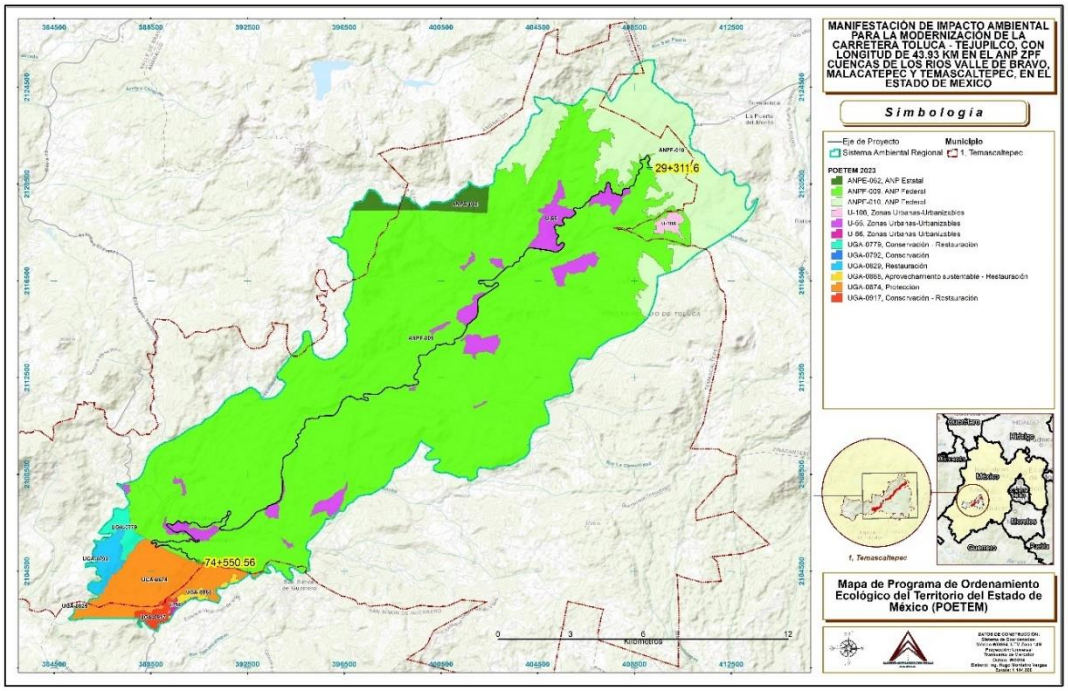


Imagen 2. Ubicación del eje del proyecto en la UGA ANPF-009, UGA-0874 Y UGA-55.

Usos de Suelo. Se definen dos categorías de usos de suelos:

- Usos compatibles: los de mayor aptitud para la UGA, que contribuyen a mejorar las condiciones ambientales, o bien que reconocen el potencial de los recursos naturales presentes y que contribuyen a concretar los escenarios que se prevé conforme a las políticas ambientales.
- Usos incompatibles: los que provocarían pérdida o deterioro ambiental de áreas relevantes para la preservación o protección; o que generarían conflictos ambientales no atendibles por medio de otros instrumentos de política ambiental como la Evaluación del Impacto Ambiental al no son congruentes con la imagen objetivo y el escenario estratégico.

Los usos de suelo se asignaron con perspectiva inductiva, por tipo de UGA de la siguiente forma:

- ANPF. Se inducen usos de suelo congruentes con el uso sustentable de los recursos naturales, que no comprometan la política determinada por el Decreto.
- ANPE. Se inducen usos de suelo congruentes con el uso sustentable de los recursos naturales presentes, así como el potencial de aprovechamiento que pudiera generarse bajo la perspectiva de aplicación del Decreto y de los Planes de Manejo.
- Zonas Urbanas y Urbanizables. Se reconoce el potencial Urbano de estas zonas plasmado en el Plan Estatal de Desarrollo Urbano, en tanto que se induce a que el uso de suelo en las áreas Urbanizables sea compatible con el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y la actualización de los Planes de Desarrollo Urbano Municipal considere criterios de regulación ecológica que inciden en dicho espacio.
- POEL. Se reconoce la facultad y competencia de la Autoridad Municipal respecto del alcance de dichos POEL, en tanto que se inducen usos de suelo compatibles con el aprovechamiento sustentable del territorio, así como criterios de regulación ecológica que motiven a que la actualización de dichos POEL observe la concurrencia y alineamiento respecto del presente POETEM.
- Nuevas UGA. Se asignaron usos del suelo con base en la aptitud a partir del índice de especialización de aptitud territorial (IEAT) correspondiente al uso.

Derivado de lo anterior, acorde a el ordenamiento ecológico (POETEM), los usos permitidos y no permitidos designados a las UGAs que se analizan son lo que se describen a continuación:

UGAs	Usos Permitidos	Usos No Permitidos
ANPF-010	Conforme al Decreto y Programa de Manejo	
0874	FnM, Mn, TA.	AC, Ag, AHR, AHU, Cn, FM, GEx, GIn, ILg, IPs, If, Ps, TCn.
U-55	Usos definidos conforme al Plan Municipal de Desarrollo Urbano.	Conforme al Plan Municipal de Desarrollo Urbano.

Políticas de Ordenamiento Ecológico.

Las políticas de ordenamiento constituyen el marco general para la forma de ocupación del territorio, la cual debe considerar la diversidad de problemáticas o conflictos, así como las

potencialidades y necesidades de cada unidad territorial, que permitan dirigir el desarrollo de ésta hacia la imagen-objetivo deseada, mejorando la calidad de vida de su población.

A continuación, se describen las políticas consideradas para el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México: Protección, Área Natural Protegida, Conservación, Restauración, Aprovechamiento Sustentable y Zona Urbana y Urbanizable. Así también, debido a la complejidad de la interacción entre los actores del territorio estatal se requiere establecer las siguientes políticas mixtas: Aprovechamiento - Restauración, Conservación - Restauración y Aprovechamiento - Conservación.

Expuesto lo anterior, a continuación, se describen las políticas ambientales establecidas en las UGAs que regulan la zona del proyecto.

UGAs	Políticas Ambientales	Vinculación con el proyecto
ANPF-009	ANP Federal: Dentro de la política de protección se incluyó una subcategoría que comprende a las Áreas Naturales Protegidas federales y estatales, las cuales se consideran como zona bajo Decreto de un Instrumento de Política Ambiental respecto del cual se garantizó su armonización y alineación.	De acuerdo a lo aquí descrito, en esta política ambiental de protección se incluyen las áreas naturales protegidas federales del Estado de México, las cuales están bajo Decreto. Al respecto, en el contenido de este Capítulo se presenta la vinculación de las obras y actividades que se proponen con lo dispuesto en los lineamientos del Decreto y Programa de Manejo del área natural protegida federal "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México", toda vez, que la superficie donde se proyecta la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco se ubica en 35.22 kilómetros (80.17 %) dentro de esta política ambiental. Cabe resaltar que, se realizaran diversas medidas de mitigación para los impactos que deriven con las obras y actividades del proyecto. La finalidad de las medidas preventivas y de mitigación es evitar que las actividades a desarrollar puedan ocasionar daños en el ambiente o la generación de impactos ambientales adversos, y minimizar sus efectos, contribuyendo al mantenimiento de las condiciones naturales del ecosistema. Por su parte, las medidas de compensación contribuirán a la conservación del área donde se desarrolla el proyecto, ya que si bien, se producirá el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el proyecto pretende incrementar el nivel de calidad ambiental actual de los ecosistemas, tanto con respecto a la calidad actual, como posterior a las actividades que se plantean. Asimismo, con la ejecución de las medidas de compensación se verán favorecidos los servicios ambientales (captura de carbono, provisión de agua, conservación de biodiversidad, protección y recuperación de suelos), los cuales finalmente benefician de manera importante a las localidades cercanas, por lo que el proyecto conlleva beneficios ambientales importantes que buscan disminuir la problemática que actualmente se presenta en el APRN, además de beneficios a la sociedad. Las medidas de mitigación más relevantes están dirigidas a los recursos agua, suelo, flora y fauna, cuya aplicación en tiempo y forma conllevará a que el proyecto sea incluido amigablemente en el sistema ambiental regional,

		con un mínimo de afectación al sitio, y como se menciona, mejorando incluso la calidad en algunos de los componentes antes mencionados.
U-55	Zonas Urbanas - Urbanizables: Propiamente no es una política ambiental, pero si representa el patrón de ocupación de ese territorio, donde el Plan Estatal de Desarrollo Urbano tiene identificadas áreas en las que ocurre el proceso de urbanización y consolidación de las áreas urbanas actuales. Esta condición permite definir límites claros respecto del Desarrollo Urbano, en tanto que se reconoce en el presente Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México que existen en el interior de las zonas urbanas, áreas con recursos naturales que requieren ser identificados, valorados y administrados en un contexto de Planeación Territorial eminentemente Urbano, pero con obligación de garantizar la sustentabilidad y un medio ambiente sano a la población asentada.	De acuerdo a lo aquí descrito, esta política no es propiamente una estrategia de manejo ambiental, sin embargo, estas zonas urbanas o urbanizables son espacios que requieren ser reglamentados a través de un documento de planeación urbana donde se garantice la sustentabilidad y un medio ambiente sano a la población asentada. Al respecto, en el contenido de este Capítulo se presenta la vinculación de las obras y actividades que se proponen con lo dispuesto en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec, por la ubicación del proyecto en 8.17 kilómetros (18.60%) en esta clasificación. Resaltando que, se realizaran diversas medidas de mitigación para los impactos que deriven con las obras y actividades que forman parte del proyecto carretero.
0874	Protección: Política asignada a aquellas zonas que por sus características son aptas para el uso y manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y que no impacte negativamente sobre el ambiente. Incluye las áreas con elevada aptitud actual o potencial para varias actividades productivas, se propone además que el uso	El eje del proyecto carretero se ubica en una minoría en 0.54 kilómetros (1.23 %) en esta política ambiental. De acuerdo a lo aquí dispuesto, los proyectos que se pretendan llevar a cabo dentro de esta política ambiental deberán no impactar negativamente sobre el medio ambiente. Al respecto, para que se genere el menor impacto negativo al medio ambiente, por el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, se realizarán diversas medidas de prevención, mitigación y compensación, como las siguientes: • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial. • Instalación de barreras de sedimentos. • Colocación de filtros de grava y piedra. • Estabilización de taludes.

	y aprovechamiento actual se reoriente a la diversificación de actividades de modo que se registre el menor impacto negativo al medio ambiente.	• Revegetación de márgenes de cauces. • Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros. • Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre. • Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de fauna silvestre. • Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*). • Programa de adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna. • Programa de Reforestación. • Saneamiento Forestal. • Limpieza del derecho de vía de la carretera y de las obras de drenaje asociadas al terminar la obra. • Colocación de señalética prohibitiva. • Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje). • Implementación de brechas cortafuegos. • Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna. • Implementación de brechas cortafuegos. Medidas de mitigación que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

Criterios de Regulación Ecológica.

Los programas de ordenamiento ecológico incluyen criterios de regulación ecológica, que son aspectos generales o específicos para normar los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento e incluso de manera específica a nivel de las distintas unidades de gestión ambiental.

UGAs	Criterios de regulación ecológica
ANPF-009	Ac04, Ac06, Ac07, Ac09, Ac12, Ag15, Fn01, Fn04, Fo01, Fo03, If07, If08, If15, If16, If21, Mn01 al Mn20, Ge01, Ge02, Ge04 al Ge09, Ge11 al Ge14, Ge17 al Ge20.
0874	Fn01, Fn03 al Fn10, Mn01 al Mn19, Ta01 al Ta11, Ta13, Ta14, Ta16 al Ta19, Ge01, Ge03 al Ge06, Ge08, Ge10, Ge12 al Ge18.
U-55	Ag02, Ag10, Ag12, Ag21, Co04, Co07, Co10, Ga01, Gi01, Gi02, Gi04, If03, If04, If08, If10, If12, If14, If15, If17, If20, If21, In02 al In10, Ip01 al Ip15, Tu01, Tu02, Tu05, Tu06, Tu09, Tu11, Tu12, Ta03 al Ta05, Ta10, Ta11, Ta17, Ta18, Hr01 al Hr04, Hr05, Hr07 al Hr12, Hr14 al Hr19, Ge02, Ge04, Ge05, Ge08, Ge10 al Ge12, Ge14, Ge15.

Los criterios de regulación ecológica establecidos en las unidades de gestión ambiental (UGAs) que regulan la zona de estudio del proyecto están divididos en los siguientes sectores o usos:

- Acuicultura (Ac), Agrícola (Ag), Forestal no maderable (Fn), Forestal maderable (Fo), Ganadería extensiva (Ga), **Infraestructura (If)**, Minería Mn), Pesca (Pe), Turismo alternativo (Ta) y **Generales (Ge)**.

A continuación, se describen los criterios de regulación ecológica establecidos en las UGAs aplicables al proyecto y que regulan la **Infraestructura** (**If**), también, se describen los criterios **Generales** (**Ge**), por estar directamente relacionados con las obras y actividades que se proyectan.

UGAs	Criterios de Regulación Ecológica para la Infraestructura (If)	Vinculación con el proyecto
U-55	**If03**. El emplazamiento de infraestructura de vías de comunicación se realizará sobre el derecho de vía de caminos, con la finalidad de evitar mayor fragmentación de los ecosistemas presentes en el área y el cambio de uso de zonas agrícolas.	Las obras y actividades que forman parte del presente proyecto se realizarán en la superficie (189.3292 ha) del derecho de vía (DDV) del proyecto, específicamente dentro de la Línea de Ceros (LC) delimitado (126.2005 ha). Por lo que se cumple con lo dispuesto en este criterio ecológico.
U-55	**If04**. La construcción de caminos deberá considerar y permitir la infiltración del agua pluvial al subsuelo, la estabilidad del terreno, así como el drenaje natural.	A fin de mantener el flujo hídrico y garantizar el escurrimiento superficial en la zona del proyecto, se incluye la construcción de obras complementarias de drenaje como, por ejemplo: cunetas, bordillos y bajantes. Se garantizará que las estructuras queden alineadas, libres de filtraciones y con una conexión eficiente al sistema de drenaje, de modo que aseguren la conducción adecuada de los escurrimientos y la protección estructural del camino modernizado.
ANPF-009	**If07**. En el caso de que la construcción de infraestructura interrumpa los flujos hidrológicos, la empresa responsable de la construcción, deberá garantizar la continuidad del flujo interrumpido.	A fin de garantizar la continuidad de las escorrentías presentes en la zona del proyecto y no interrumpir el fluir de las aguas superficiales se modernizarán y construirán obras de drenaje, esto es, para un buen funcionamiento hidráulico.
ANPF-009 **U-55**	**If08**. La infraestructura carretera y las nuevas vialidades deberán mitigar los efectos negativos sobre la movilidad de la fauna.	Con la finalidad de mitigar los efectos negativos en la movilidad de la fauna, mantener la continuidad y permitir el flujo de la fauna no solo en el área del proyecto si no en el SAR y el Corredor Biológico del Eje Neovolcánico, el proyecto contempla la implementación de acciones de reforestación, así como la

		adecuación de obras de drenaje para que estos cumplan una doble función como pasos de fauna, con lo cual al permitir el libre desplazamiento de la fauna se evitará fragmentar poblaciones de especies que presenten amplios ámbitos hogareños.
U-55	**If10.** Los proyectos de infraestructura que se promuevan deberán considerar el Programa de manejo de la vegetación en el Derecho de Vía, a efecto de garantizar seguridad y visibilidad conforme a normativa vigente.	A fin de garantizar seguridad y visibilidad en el derecho de vía de la carretera, el proyecto propone la realización de un programa de mantenimiento carretero.
U-55	**If12**. En la vegetación de las áreas verdes asociada a proyectos de infraestructura que se promuevan en la UGA se deberá priorizar el uso de especies nativas.	En las acciones de reforestación que se proponen se utilizarán especies nativas, dando cumplimiento a lo aquí dispuesto.
U-55	**If14**. Los proyectos de infraestructura que requieran agua para su desarrollo u operación deberán contar con un Programa Integral de Manejo del Agua que evalúe la factibilidad del suministro de agua.	El agua que se requiera para la modernización carretera se abastecerá por medio de pipas, el proveedor de este servicio deberá contar con los respectivos permisos de la CONAGUA. Cabe resaltar que en la etapa de operación y funcionamiento de la carretera no se requiere del uso de agua.
ANPF-009 **U-55**	**If15**. Los proyectos de infraestructura que en su operación generen residuos sólidos o peligrosos deberán contar con un Programa de Manejo de Residuos autorizado por la autoridad competente.	Una vez modernizada la actual carretera, en su etapa de operación y/o funcionamiento no se generarán residuos sólidos o peligrosos, de manera que lo aquí dispuesto no es aplicable al presente proyecto.
ANPF-009	**If16**. Los proyectos de infraestructura promovidos en la UGA que requieran agua para su desarrollo u operación deberán tratar el 100% de sus aguas residuales.	El agua que requerirá el proyecto carretero para su realización será obtenida a través de pipas, siendo importante resaltar que, las obras y actividades del proyecto carretero no generarán aguas residuales que involucre la necesidad de darle tratamiento a las mismas.
U-55	**If17.** Se deberá realizar un Estudio de Riesgo Ambiental asociado a los peligros derivados	El combustible que será manipulado durante la construcción del proyecto será únicamente para el uso de vehículos, maquinaria y equipo de construcción, de

	de la manipulación de combustibles.	igual forma, será transportada en pipas y será depositada en un área destinada para el almacenamiento temporal de combustibles. Se manifiesta que el proyecto no pretende manipular grandes cantidades de combustible, sólo la estrictamente necesaria para el desarrollo de los trabajos de modernización.
U-55	**If20**. En el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura se deberá contemplar programas de rescate de fauna silvestre que serán sometidos a validación de las autoridades competentes.	El presente proyecto de modernización propone la realización de un programa de rescate, reubicación y ahuyento de fauna silvestre, por lo que se cumple con lo aquí dispuesto.
ANPF-009 U-55	**If21**. Los estudios, medidas, obras y acciones a desarrollar durante la instalación de nuevos proyectos de infraestructura deberán contar con autorización previa de impacto ambiental.	Las obras y actividades que forman parte del presente proyecto carretero y que consiste en el mejoramiento de las especificaciones técnicas actuales de la carretera, se someten ante la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, previo a su realización, cumpliendo con lo dispuesto en este criterio ecológico.

UGAs	Criterios de Regulación Ecológica Generales (Ge)	Vinculación con el proyecto
ANPF-009 0874	**Ge01**. En proyectos, predios y parcelas situados en dos o más UGA, la aplicación del POETEM se realizará de forma independiente por las diferentes secciones correspondientes a cada UGA.	El presente proyecto de modernización considera lo dispuesto en los criterios de regulación ecológica de las tres (3) unidades de gestión ambiental que regulan el área de estudio para su vinculación con las obras y actividades propuestas.
ANPF-009 U-55	**Ge02**. Implementar acciones de control de especies catalogadas como invasoras y control de especies exóticas.	Los criterios ecológicos aquí descritos están orientados al quehacer de las autoridades ambientales, por lo que no son aplicables al presente proyecto carretero.
0874	**Ge03**. Determinar las especies invasoras prioritarias y sus vías de introducción, a efecto de definir las medidas para evitar su invasión y el	

	establecimiento en los sistemas naturales mexiquenses.	
ANPF-009 U-55 0874	**Ge04**. El aprovechamiento de agua deberá respetar los límites de disponibilidad definidos por la autoridad competente.	La modernización que se propone no refiere trabajos relacionados con el aprovechamiento de cuerpos de agua. Las obras y actividades que se proyectan son para ampliar y mejorar l un tramo de 43.93 kilómetros de la actual carretera Toluca – Tejupilco, lo anterior, no presenta relación alguna con las acciones aquí descritas y, en consecuencia, la realización del presente proyecto no contradice estos criterios ecológicos.
ANPF-009 U-55 0874	**Ge05**. Vigilar el aprovechamiento de los manantiales, pozos y cauces en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.	
ANPF-009 0874	**Ge06**. En las barrancas y cañadas, no está permitido urbanizar, rellenar, depositar o verter residuos urbanos, de manejo especial o peligroso, así como descargar aguas residuales que incumplan con la normatividad vigente.	El presente proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con la urbanización, relleno, deposito o el vertimiento de residuos urbanos, de manejo especial o peligrosos, de igual forma, no pretende descargar aguas residuales en barrancas y cañadas. Para el control, manejo y disposición final de los diferentes tipos de residuos que se generarán se propone la realización de diversas medidas, entre las que se encuentran: • Platicas de concientización ambiental. • Se limitarán las actividades a la línea de ceros. • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
ANPF-009	**Ge07**. El desarrollo urbano debe estar contenido dentro de los límites establecidos por los Planes Municipales de Desarrollo Urbano vigentes.	Los criterios ecológicos aquí descritos y relacionados con planes de desarrollo urbano y ordenamientos ecológicos están orientados al quehacer de las autoridades ambientales, por lo que no son aplicables al presente proyecto carretero.
ANPF-009 U-55 0874	**Ge08**. Los Programas de Ordenamiento Ecológico Local deberán actualizarse y alinearse conforme al presente Instrumento y al Plan Estatal de Desarrollo vigente.	

ANPF-009	**Ge09**. El manejo de residuos requiere integrar acciones de recolección, clasificación, acopio, valorización, reciclaje y disposición en Rellenos Sanitarios autorizados.	El presente proyecto carretero realizará medidas para un adecuado manejo, control y disposición final de los diferentes residuos que se originarán con la realización de las obras y actividades propuestas para la modernización de esta vía general de comunicación, como las siguientes: • Para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, se deberá tramitar autorización para uso de relleno sanitario municipal. Los residuos sólidos urbanos se entregarán a servicios de recolección municipal. • La empresa constructora en conjunto con el responsable ambiental, designarán las áreas o superficie provisionales para el almacenamiento de cada tipo de residuo de manejo especial, mismas que deberán contar con señalización clara. Se realizará el transporte de residuos de manejo especial a sitios autorizados, en el caso de restos de excavaciones o cortes que no sean aprovechados, será en bancos de tiro que cuenten con el permiso vigente correspondiente. • Los residuos peligrosos se ubicarán en una zona segura, alejada de áreas operativas. En zonas donde se reduzcan riesgos de accidentes, fugas, incendios, explosiones o inundaciones. Se realizará la contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para realizar el transporte hasta el sitio de confinamiento final, mismo que también deberá contar con autorización vigente de su funcionalidad.
U-55 **0874**	**Ge10**. Se prohíbe la ubicación de todo tipo de sitios de disposición de residuos sólidos (municipales, industriales y peligrosos).	Las obras y actividades que se proponen para la modernización de la carretera Toluca – Tejupilco no presentan relación alguna con la instalación y operación de sitios de disposición final de residuos

ANPF-009 U-55	**Ge11**. Se prohíben tiraderos de basura. Es necesario proceder a la contención y remediación de sitios que hayan sido empleados como tiraderos de residuos.	sólidos municipales, industriales y peligrosos, así también el proyecto no refiere el desarrollo de acciones relacionados con la instalación de tiraderos; por lo que la realización del proyecto de modernización no contradice lo dispuesto en estos criterios ecológicos.
ANPF-009 U-55 0874	**Ge12**. Los usos y actividades de proyecto en Áreas Naturales Protegidas estarán sujetos a lo establecido en su Decreto de creación y su respectivo Programa de Manejo.	En cumplimiento a lo dispuesto en este criterio ecológico en el contenido del presente Capítulo III se presenta la vinculación de las obras y actividades de modernización que se proyectan con las disposiciones que señala el Decreto y Programa de Manejo del área natural protegida ““Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México”, específicamente con lo establecido en las Subzonas de la Zona de Amortiguamiento, donde se ubica la carretera Toluca – Tejupilco.
ANPF-009 0874	**Ge13**. Las actividades realizadas en Áreas Naturales Protegidas deberán considerar medidas de mitigación y compensación ambiental acordes al impacto ambiental que generarán. Las medidas de mitigación y compensación ambiental deberán atender a los objetivos del Decreto y criterios de administración establecidos en el Programa de Manejo correspondiente.	Considerando los tipos de impacto ambiental que la ejecución de las obras y actividades propuestas originarán, así como, los objetivos del decreto y del programa de manejo del anp federal “Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México”, en el contenido del capítulo VI de la MIA-R, se propone la realización de diversas medidas de prevención, remediación, reducción y compensación; cabe resaltar que debido a que el proyecto carretero se ubica dentro de la zona de amortiguamiento de esta área de protección de flora y fauna existe un acercamiento se implementaron las mejores estrategias para la conservación, restauración y protección del medio ambiente existente en la zona del proyecto.
ANPF-009 U-55	**Ge14**. La instalación y operación de rellenos sanitarios o Centros	El proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con la

0874	Integrales de Residuos se realizará en cumplimiento de capacidades y especificaciones establecidas en la normatividad vigente.	instalación y operación de rellenos sanitarios o centros integrales de residuos, por lo que la realización de las obras y actividades de modernización carretera no contradice lo dispuesto en este criterio ecológico.
U-55 **0874**	**Ge15**. La instalación y operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales se realizará de conformidad con la normatividad aplicable, previo a la descarga a cuerpos receptores.	El proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con la instalación y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que la realización de los trabajos de modernización carretera que se proponen no contradice lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica.
0874	**Ge16**. Se debe implementar sistemas de monitoreo de calidad atmosférica y operar inventario de emisiones.	El criterio ecológico aquí descrito está orientado al quehacer de las autoridades ambientales, por lo que no son aplicables al presente proyecto.
ANPF-009 **0874**	**Ge17**. La infraestructura de comunicación, así como las vías de comunicación carretera de competencia Estatal y Federal, son prioritarias para la integración territorial, por lo que se pueden establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, en cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, así como a los Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes, previa autorización en materia de Impacto Ambiental y de ser necesario, Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.	De acuerdo a lo aquí dispuesto, las vías de comunicación carretera federal se pueden establecer dentro del Estado de México por ser prioritarias para la integración del territorio, cumpliendo con los criterios específicos aplicables y previa autorización en materia de impacto ambiental y, de ser el caso, en materia forestal. Al respecto, las obras y actividades que forman parte del proyecto de modernización de esta carretera se vinculan con lo dispuesto en los criterios ecológicos establecidos en las unidades de gestión ambiental aplicables y atendiendo lo dispuesto en el programa de manejo del anp federal ““Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México”. Obras y actividades que se someten al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, ante la Dirección de General de Impacto y Riesgo Ambiental DGIRA, para obtener la autorización ambiental respectiva; sin olvidar mencionar que en su momento se realizará la solicitud de autorización de cambio de uso de suelo en terreno

		forestal ante la Dirección General de Gestión Forestal, Suelos y Ordenamiento Ecológico (DGGFSOE) de la SEMARNAT.
ANPF-009 0874	**Ge18**. La infraestructura de interconexión energética es prioritaria para la integración productiva del Estado, por lo que podrá establecer dentro de cualquier parte del territorio estatal, en cumplimiento a los criterios específicos aplicables de cada UGA, así como a los Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes, previa autorización en materia de Impacto Ambiental y de ser necesario, autorización de Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.	La modernización que se propone no refiere trabajos relacionados con la construcción de infraestructura de interconexión energética. Las obras y actividades que se proyectan son para ampliar y mejorar la actual carretera Toluca – Tejupilco, lo anterior, no presenta relación alguna con la acción aquí descrita y, en consecuencia, la realización del presente proyecto no contradice este criterio ecológico.
ANPF-009	**Ge19**. La infraestructura para la Captación y Abasto de agua potable, así como Recolección y Tratamiento de Agua Residual, es prioritaria para la supervivencia y salud de la población, por lo que podrá establecerse dentro de cualquier parte del territorio estatal, en cumplimiento a los criterios específicos aplicables respecto de cada UGA, los cálculos de disponibilidad publicados por la CONAGUA, así como a los Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contando siempre con la previa autorización en materia de Impacto Ambiental y de ser necesario, Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.	El proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con la construcción de infraestructura para la captación y abasto de agua potable, ni con la recolección y tratamiento de agua residual, por lo que la realización de las obras y actividades de modernización carretera que se proponen no contradice lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica.
ANPF-009	**Ge20**. Las acciones y proyectos necesarios en materia de Protección Civil, Prevención de Incendios Forestales y Control de Riesgos Naturales son prioritarios para la integridad de la población y los recursos naturales, por lo que podrá establecerse dentro de	La modernización que se propone no refiere obras y actividades relacionados con acciones y proyectos en materia de prevención civil, prevención de incendios forestales y control de riesgos naturales. Las obras y actividades que se proyectan son para ampliar y mejorar la actual carretera Toluca – Tejupilco, lo

	cualquier parte del territorio estatal, en cumplimiento a los criterios específicos que resulten aplicables respecto de cada UGA, Atlas de Riesgos, así como a los Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas y Planes de Desarrollo Urbano vigentes. Contando siempre con la previa autorización de Impacto Ambiental y de ser necesario, Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales.	anterior, no presenta relación alguna con la acción aquí descrita y, en consecuencia, la realización del presente proyecto no contradice este criterio ecológico.

III.3.3. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca del Territorio del Estado de México

El Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) es 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 los mismos." (LGEEPA, 2003).

En el caso del Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca (POETMM) se busca la resolución de conflictos ambientales en la región a través de un conjunto de lineamientos y estrategias ecológicas.

Los principales productos del programa, de acuerdo con el Reglamento en la materia son:

1) El Modelo, que consta de las unidades de gestión ambiental y los lineamientos ecológicos, y
2) La estrategia ecológica, que consta de los objetivos específicos, acciones, proyectos, programas y responsables del logro de los lineamientos ecológicos.

El Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca (OERMM), es un programa regional elaborado con información técnica a escala 1:250,000.

MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO:

Unidades de Gestión Ambiental.

Las unidades de gestión ambiental (UGA) son áreas del territorio relativamente homogéneas a las cuales se les asignan los lineamientos y las estrategias ecológicas. De acuerdo con esta definición, las UGAS deben considerar los lineamientos ecológicos como un criterio básico para su configuración. De esta manera, existirá una correspondencia clara entre el territorio y las metas ambientales, sociales y económicas y la gestión de estrategias que permitan su cumplimiento. Los lineamientos ecológicos son metas o enunciados generales que reflejan el estado deseable que se pretende alcanzar en la región con la aplicación del Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca integrada por 93 unidades de gestión ambiental en los 11 municipios del Estado de México y 16 de Michoacán.

Políticas Ambientales.

Las políticas ambientales se definieron con base en la LGEEPA y al Manual de Ordenamiento Ecológico correspondiente, con algunas modificaciones, las cuales se describen a continuación: Protección, Conservación, Aprovechamiento Sustentable y Restauración.

Lineamientos Ecológicos.

Un lineamiento ecológico es una meta o enunciado general que refleja el estado deseable de una unidad de gestión ambiental. Los lineamientos ecológicos se agrupan en tres paquetes, el primero de ellos se asoció con los conflictos ambientales, el segundo con los problemas de degradación, marginación y de asentamientos humanos y el tercero con el turismo.

Derivado de lo anterior, en el siguiente cuadro se describen las unidades de gestión ambiental, la política ambiental y los lineamientos aplicables al proyecto.

UGAs	Política Ambiental	Lineamientos
U-89-4	Protección	L4, L6, L8
U-89-5	Protección	L4, L6, L8
U-85-17	Protección	L1, L6, L8
U-85-24	Protección	L1, L6, L8
U-89-3	Protección	L4, L6, L8
U-85-20	Protección	L1, L6, L8
U-89-6	Protección	L4, L6, L8
U-85-21	Protección	L1, L6, L8
U-89-12	Protección	L4, L5, L6, L8
U-87-16	Protección	L3, L5, L6, L8
U-87-15	Protección	L3, L5, L6, L8
U-87-17	Protección	L3, L5, L6, L8
U-85-31	Protección	L1, L6, L7, L8
U-85-32	Protección	L1, L6, L7, L8
U-85-30	Protección	L1, L6, L7, L8
U-85-11	Aprovechamiento Sustentable	L1, L6

Política de Protección:

Áreas naturales que son susceptibles de integrarse al Sistema de Áreas Naturales Protegidas federal o estatal, o que ya forman parte de él. Con esta política se busca proteger los ambientes naturales con características relevantes, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de

los procesos evolutivos y ecológicos, así como salvaguardar la diversidad genética e las especies silvestres acuáticas, principalmente las endémicas, raras, amenazadas o en peligro de extinción.

Respecto a la política ambiental de protección se manifiesta:

> Por el desarrollo de las obras y actividades que se proyectan para la modernización del camino existente, en el capítulo seis (6) de la MIA-R se proponen diversas medidas de prevención, remediación, reducción y compensación, a fin de conservar el medio ambiente, asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos, y proteger las especies silvestres de la zona del proyecto, como las siguientes:
>
> - Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
> - Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
> - Pláticas de concientización ambiental.
> - Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
> - Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros.
> - Instalación de barreras de sedimentos.
> - Colocación de filtros de grava y piedra.
> - Estabilización de taludes.
> - Revegetación de márgenes de cauces.
> - Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
> - Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre.
> - Programa de Adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna.
> - Programa de Reforestación.
> - Saneamiento Forestal.
> - Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).
> - Implementación de brechas cortafuegos.
> - Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna.
>
> Medidas de mitigación que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

<u>Política de Aprovechamiento Sustentable</u>:

Aquellas áreas en donde se tienen características adecuadas para un uso más óptimo de los recursos naturales y/o para el desarrollo agropecuario o forestal. En estas áreas será permitida la explotación y el manejo de los recursos naturales renovables y no renovables, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente al ambiente.

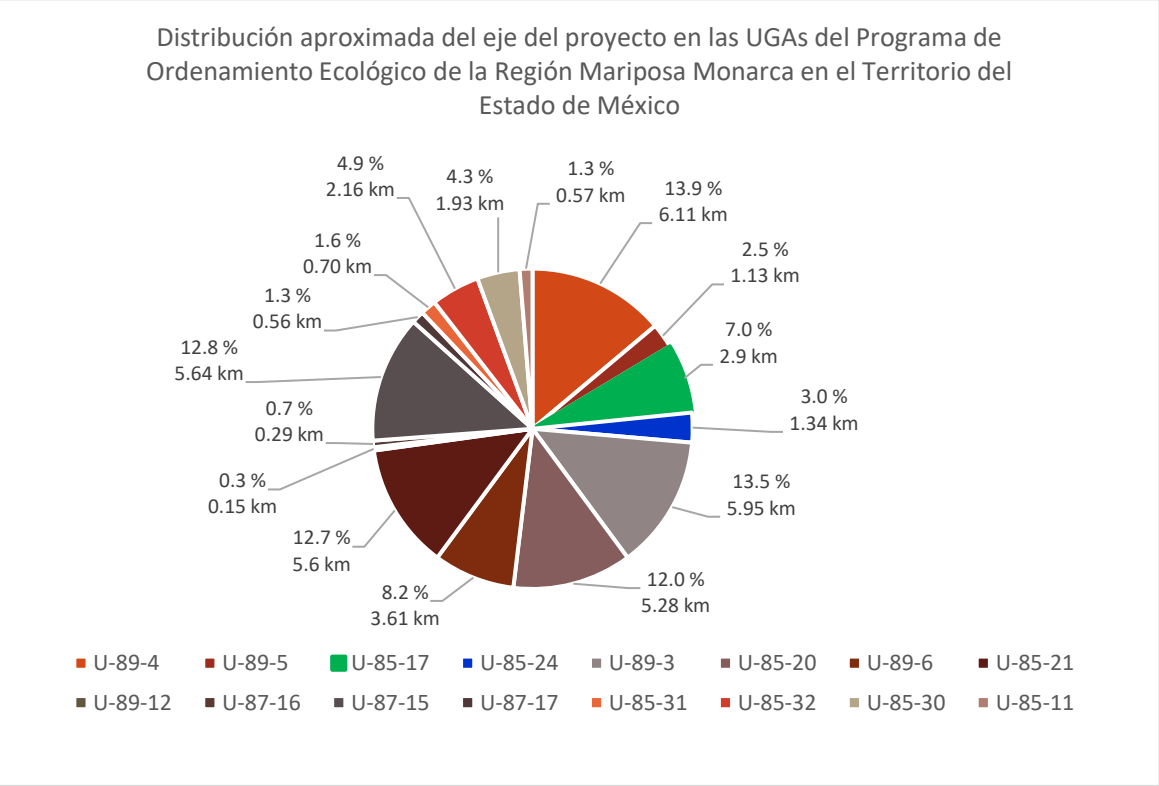
Al respecto:

> Los trabajos de modernización carretera no contradicen lo dispuesto en esta estrategia ambiental. El proyecto propone la realización de diversas medidas de mitigación a fin de prevenir, reducir, mitigar y compensar los impactos que generen los trabajos de modernización carretera.

A continuación, se describe la distribución aproximada del camino existente Toluca-Tejupilco en las unidades de gestión ambiental aplicables y en las políticas ambientales que regulan la zona a intervenir.

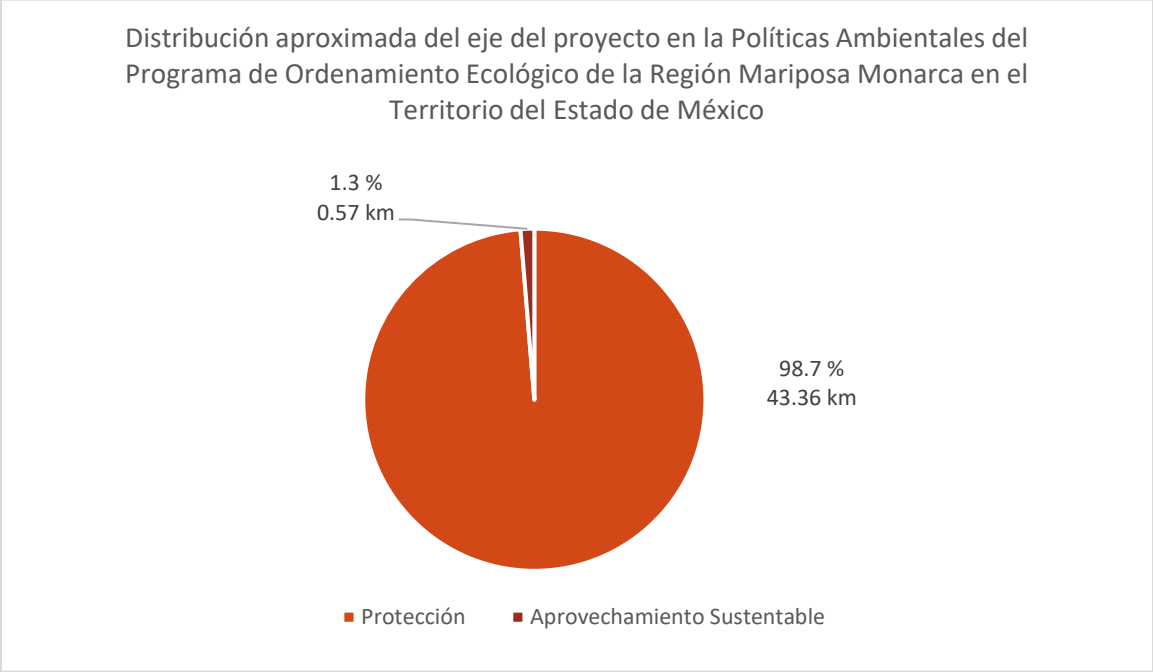
UGAs	kilómetros aproximados	Total de kilómetros aproximados	Total de % aproximados
U-89-4	3.86	6.11	13. 9
	1.39		
	0.86		
U-89-5	1.13	1.13	2.5
U-85-17	0.36	2.9	7.0
	0.18		
	2.36		
U-85-24	1.01	1.34	3.0
	0.33		
U-89-3	5.95	5.95	13.5
U-85-20	0.17	5.28	12.0
	2.00		
	3.11		
U-89-6	1.35	3.61	8.2
	1.59		
	0.67		
U-85-21	2.76	5.6	12.7
	2.84		
U-89-12	0.15	0.15	0.3
U-87-16	0.29	0.29	0.7
U-87-15	5.64	5.64	12.8
U-87-17	0.56	0.56	1.3
U-85-31	0.70	0.70	1.6
U-85-32	2.16	2.16	4.9
U-85-30	1.46	1.93	4.3
	0.47		
U-85-11	0.57	0.57	1.3

Total	**43.93**	**43.93**	**100.0**



UGAs	Políticas ambientales	kilómetros aproximados	Total de kilómetros aproximados	Total de % aproximados
U-89-4	Protección	3.86	43.36	98.70
		1.39		
		0.86		
U-89-5	Protección	1.13		
U-85-17	Protección	0.36		
		0.18		
		2.36		
U-85-24	Protección	1.01		
		0.33		
U-89-3	Protección	5.95		

U-85-20	Protección	0.17		
		2.00		
		3.11		
U-89-6	Protección	1.35		
		1.59		
		0.67		
U-85-21	Protección	2.76		
		2.84		
U-89-12	Protección	0.15		
U-87-16	Protección	0.29		
U-87-15	Protección	5.64		
U-87-17	Protección	0.56		
U-85-31	Protección	0.70		
U-85-32	Protección	2.16		
U-85-30	Protección	1.46		
		0.47		
U-85-11	Aprovechamiento Sustentable	0.57	0.57	1.30
Total		**43.93**	**43.93**	**100.00**



En la siguiente imagen, se aprecia la ubicación del proyecto dentro de los límites territoriales de las unidades de gestión ambientales aplicables.

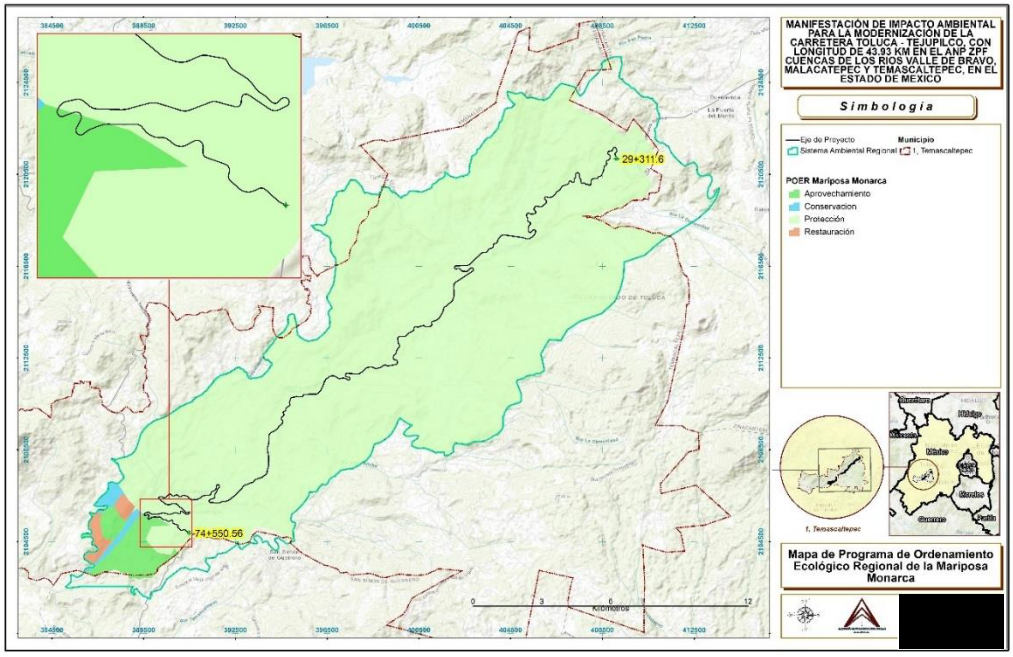


Imagen 3. Ubicación del proyecto en las UGAs: U-89-4, U-89-5, U-85-17, U-85-24, U-89-3, U-85-20, U-89-6, U-85-21, U-89-12, U-87-16, U-87-15, U-87-17, U-85-31, U-85-32, U-85-30 y U-85-11.

ESTRATEGIA ECOLÓGICA.

La estrategia ecológica es la integración de los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigida al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el área de estudio. Asimismo, incluye los criterios de regulación ecológica.

Objetivos Específicos.

Los lineamientos ecológicos (metas) se especificaron aún más a través de objetivos específicos.

Criterios de Regulación Ecológica.

La inclusión de los criterios de regulación ecológica en el POETMM se basa en la LGEEPA. El artículo 20 bis 3 fracción II. Con base en dicho fundamento legal y en los lineamientos ecológicos del POETMM, se definieron los criterios de regulación ecológica.

A continuación, se describen la vinculación del proyecto con lo dispuesto en los lineamientos ecológicos y la estrategia ecológica (objetivos específicos y criterios de regulación ecológica) aplicables.

UGAs	**Lineamientos ecológicos**	**Estrategia Ecológica**	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-85-17 **U-85-24** **U-85-20** **U-85-21** **U-85-31** **U-85-32** **U-85-30** **U-85-11**	L1. Fortalecer y consolidar los usos de suelo actuales, en las áreas que no presentan conflictos ambientales.	1. Mantener el aprovechamiento forestal productivo.	El uso de suelo podrá ser forestal productivo.
		2. Mantener el uso agropecuario.	El uso de suelo podrá ser agropecuario.
		3. Mantener el uso para bienes y servicios ambientales.	El uso de suelo podrá ser para bienes y servicios ambientales.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO:

Las obras y actividades que forman parte del proyecto son para modernizar la carretera existente Toluca-Tejupilco, lo cual se realizará dentro de la superficie que se delimite para ello, por lo que no se pretende cambiar los usos de suelo (agrícola y aprovechamiento forestal) que se están desarrollando en la zona del proyecto, sin embargo, a fin de contribuir con el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales de la región se propone la realización de medidas de mitigación, entre las que se encuentran:

- Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre.
- Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*).
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros.
- Programa de Reforestación.

- Saneamiento Forestal.
- Implementación de brechas cortafuegos.
- Instalación de barreras de sedimentos.
- Colocación de filtros de grava y piedra.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.

Medidas de mitigación que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

UGAs	**Lineamientos ecológicos**	**Estrategia Ecológica**	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-87-16 **U-87-15** **U-87-17**	L3. Fomentar el tránsito hacia los usos de mayor aptitud en las áreas que presentan conflictos moderados.	8. Transitar del uso agrícola al agroforestal.	El uso de suelo podrá ser agrícola, pero de preferencia agroforestal.
		9. Transitar del uso forestal al de provisión de bienes y servicios ambientales.	El uso de suelo podrá ser forestal productivo, pero con provisión de bienes y servicios ambientales.
		10. Transitar del uso agrícola al pecuario, respetando lugares de provisión de bienes y servicios ambientales.	El uso de suelo podrá ser agrícola o pecuario, pero con provisión de bienes y servicios ambientales.
		11. Transitar del uso pecuario al de agricultura ecológica.	El uso de suelo podrá ser agrícola o pecuario.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO:

Las obras y actividades del presente proyecto no pretenden cambiar los usos agrícolas o agroforestales, los forestales productivos o pecuarios que se pretenden en la zona del proyecto (de acuerdo a lo aquí descrito). A fin de contribuir con la conservación, restauración y protección de los ecosistemas de la región, se propone la realización de medidas de mitigación, entre las que se encuentran las siguientes:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
- Pláticas de concientización ambiental.
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
- Programa de Adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna.
- No instalar obras provisionales o realizar actividades cerca de cuerpos de agua que no estén relacionados con obras de drenaje.
- Limpieza del derecho de vía de la carretera y de las obras de drenaje asociadas al terminar la obra.

- Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).
- Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna.
- Colocación de señalética.

UGAs	Lineamientos ecológicos	Estrategia Ecológica	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-89-4 **U-89-5** **U-89-3** **U-89-6** **U-89-6** **U-89-12**	L4. Promover activamente el cambio de uso de suelo, hacia los usos de mayor aptitud en las áreas que presentan conflicto altos y muy altos.	12. Modificar el uso agrícola al forestal con provisión de bienes y servicios ambientales.	El uso de suelo deberá ser para la provisión de bienes y servicios ambientales.
		13. Modificar el uso agrícola al agroforestal.	El uso de suelo deberá ser agroforestal.
		14. Modificar el uso pecuario al agroforestal.	El uso de suelo deberá ser agroforestal.
		15. Modificar el uso pecuario al de forestal con provisión de bienes y servicios ambientales.	El uso de suelo deberá ser forestal productivo, con provisión de bienes y servicios ambientales.
VINCULACIÓN CON EL PROYECTO: Las obra y actividades del proyecto no pretenden cambiar los usos de suelo: provisión de bienes y servicios ambientales, agroforestales o forestal productivos que se pretenden en la zona del proyecto (de acuerdo a lo aquí descrito). A fin de contribuir con la conservación, restauración y protección de los ecosistemas de la región, se propone la realización de diversas medidas de prevención, reducción, remediación y compensación, mismas que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R.			

UGAs	Lineamientos ecológicos	Estrategia Ecológica	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-89-12 **U-87-16** **U-87-15** **U-87-17**	L5. Incrementar la calidad ambiental de las áreas que fueron deforestadas o alteradas en la estructura y composición de la vegetación.	16. Recuperar la vegetación que entre 1976 y 2003 paso de condición natural, primaria o secundaria a cultivos, principalmente a pastizales.	Las actividades de restauración deberán ubicarse prioritariamente en aquellas áreas que requieren la total recuperación de la vegetación y de procesos naturales, como la recarga de acuíferos, la presencia de especies, etc.

		17. Recuperar la vegetación que, entre 1976 y 2003, fue alterada en su estructura y composición.	Las actividades de restauración deberán ubicarse preferentemente en aquellas áreas que requieren la restauración parcial de la vegetación alterada. Asimismo, se deberá incluir acciones para detener el deterioro de la vegetación.
VINCULACIÓN CON EL PROYECTO: En cumplimiento a lo dispuesto en los objetivos y criterios de regulación ecológica aquí descritos, se manifiesta que las medidas de mitigación que se proponen se llevaran a cabo dentro de los límites territoriales del APRN "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México", en las áreas que requieran de la total recuperación de la vegetación y de procesos naturales, y en donde se necesite la restauración parcial de la vegetación alterada; sin olvidar mencionar que se realizarán diversas medidas de prevención, mitigación y compensación a fin de contribuir con la recuperación y/o restauración ambiental de la zona del proyecto.			

UGAs	**Lineamientos ecológicos**	**Estrategia Ecológica**	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-89-4 **U-89-5** **U-85-17** **U-85-24** **U-89-3** **U-85-20** **U-89-6** **U-85-21** **U-89-12** **U-87-16** **U-87-15** **U-87-17** **U-85-31** **U-85-32**	L6. Incrementar la calidad ambiental de las áreas que han sufrido procesos moderados, fuertes y extremos de declinación de fertilidad y materia orgánica, erosión o perdida de función productiva.	18. aumentar la fertilidad y contenido de materia orgánica.	Las actividades de restauración deberán ubicarse prioritariamente en aquellas áreas que requieren el aumento de la fertilidad y el contenido de materia orgánica.
		19. Disminuir la erosión hídrica con deformación del terreno que incluye las cárcavas, canales y movimientos de remoción en masa.	Las actividades de restauración deberán ubicarse prioritariamente en aquellas áreas que requieren la disminución de la erosión hídrica con deformación del terreno (incluye cárcavas y movimientos de remoción en masa).
		20. Disminuir la erosión hídrica con pérdida de suelo que incluye la	Las actividades de restauración deberán ubicarse prioritariamente en aquellas áreas que requieren

U-85-30 **U-85-11**		laminar y el lavado superficial.	disminuir la erosión hídrica con pérdida de suelo.
		21. Disminuir la perdida de la función productiva y tierras sin uso.	Las actividades de restauración deberán ubicarse prioritariamente en aquellas áreas que requieren disminuir la perdida de función productiva.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO:

Para evitar y en su caso disminuir la erosión hídrica con deformación de terreno, así como, con pérdida de suelo y perdida de función productiva que se refieren en la estrategia ecológica antes descrita se realizarán diversas medidas de mitigación, entre las que se encuentran:

- Instalación de barreras de sedimentos.
- Colocación de filtros de grava y piedra.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.

UGAs	**Lineamientos ecológicos**	**Estrategia Ecológica**	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-85-31 **U-85-32** **U-85-30**	L7. Mantener los asentamientos humanos en sus zonas urbanas y urbanizables, así como fuera de las áreas con amenaza de deslizamientos.	22. Controlar y mantener el crecimiento de los asentamientos humanos en las superficies previstas en los Planes Municipales de Desarrollo Urbano, ya sean las zonas urbanas o urbanizables.	Los asentamientos humanos deberán ubicarse en las zonas urbanas y urbanizables, de acuerdo con sus Planes Municipales de Desarrollo Urbano.
		23. Evitar el establecimiento de asentamientos humanos en las áreas catalogadas con un nivel de amenaza moderado, alto y muy alto.	Los asentamientos humanos deberán ubicarse fuera de las áreas con amenaza de deslizamientos o en caso necesario deberá incluir medidas de prevención y control. Estas disposiciones deben incluirse en los nuevos programas y/o planes municipales de desarrollo urbano, así como en sus actualizaciones.
		24. Disminuir el grado de rezago social en zonas con	Se deberá poner énfasis en aquellos municipios con

		niveles de marginación Muy Alto y Alto.	niveles de marginación muy alto y alto.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO:

El presente proyecto refiere obras y actividades para modernizar la vía general de comunicación existente, ocupando la superficie que se delimite para ello. No se proyectan trabajos relacionados con el establecimiento y/o mantenimiento de asentamientos humanos; por lo que, la realización del presente proyecto carretero no contradice los objetivos y criterios de regulación ecológica aquí descritos.

UGAs	Lineamientos ecológicos	Estrategia Ecológica	
		Objetivos específicos	Criterios de regulación ecológica
U-89-4 **U-89-5** **U-85-17** **U-85-24** **U-89-3** **U-85-20** **U-89-6** **U-85-21** **U-89-12** **U-87-16** **U-87-15** **U-87-17** **U-85-31** **U-85-32** **U-85-30**	L8. Mantener la calidad de las áreas prioritarias para la provisión de bienes y servicios ambientales.	25. Mantener la calidad de las Áreas Naturales Protegidas decretadas.	Las actividades de protección y conservación deberán orientarse principalmente en las áreas naturales protegidas.
		26. Mantener la calidad de las áreas prioritarias para la provisión de bienes y servicios ambientales, que no cuenten con decreto.	Las actividades de protección y conservación deberán orientarse preferentemente en las áreas para la provisión de bienes y servicios ambientales.

VINCULACIÓN CON EL PROYECTO:

En cumplimiento a lo dispuesto en los objetivos y criterios de regulación ecológica aquí descritos, se manifiesta que las medidas de mitigación que se proponen se llevaran a cabo dentro de los límites territoriales del APRN "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México", y en las áreas que se identifiquen como proveedoras de bienes y servicios ambientales, sin olvidar mencionar que se realizarán diversas medidas de prevención, remediación, reducción y compensación a fin de contribuir con el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales de la zona del proyecto.

III.3.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur

MODELO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

El programa de ordenamiento ecológico en su etapa propositiva tiene como objetivo obtener un patrón de ocupación del territorio que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales y favorezca el desarrollo sustentable en el área a ordenar. Para el caso de la Subcuenca Nevado Sur se diseñó el Modelo de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio, basado en la construcción de Unidades de Gestión Ambiental (UGAS), asignación de políticas ambientales y, por último, definición de lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica; en función de la aptitud, uso de suelo actual y nivel de conflicto entre ambos. Es así que, el modelo sintetiza las condiciones del territorio y sirve de base para seleccionar las medidas a ejecutar, con la finalidad de alcanzar la optimización del uso del espacio, revertir los impactos ocasionados por la incompatibilidad entre aptitud y uso del territorio y crear condiciones que permitan el desarrollo de la población desde una perspectiva sustentable.

A continuación, se presenta el Modelo de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur. Cabe destacar que los usos incompatibles son enunciativos y no limitativos, y que cualquier actividad o uso no considerado, estará sujeto a lo que se determine en materia de impacto ambiental.

Unidades de Gestión Ambiental.

Considerada la UGA como la unidad mínima territorial del área de ordenamiento, la metodología seguida para generar las UGAs se desarrolló en dos etapas, las cuales concentraron variables de carácter natural y socioeconómico. En la primera se obtuvieron Unidades Ambientales como síntesis de las características abióticas, bióticas y sociales existentes en el territorio; la segunda incluye criterios relacionados al estado actual que guarda el territorio tales como: cuencas, zonas de atención prioritaria y áreas naturales protegidas.

La determinación de las UGAs parte del enfoque de subcuencas, descritas previamente en la fase de diagnóstico del presente documento, por lo que su nomenclatura corresponde a la letra que identifica a cada subcuenca y el número de subdivisiones de la misma, mientras que para las UGAs que pertenecen a áreas naturales protegidas, se le incorporó el termino de ANP, dando como resultado un total de 139 unidades de gestión ambiental, distribuidas de la siguiente manera:

SUBCUENCA	DENOMINACIÓN	UGA´s
A	Valle de Bravo	A1-ANP, A2-ANP, A3-ANP, A4-ANP, A5-ANP
B	Río Temascaltepec	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10-ANP, B11-ANP, B12, B13-ANP, B14, B15-ANP, B16-ANP, B17-ANP, B18-ANP, B19-ANP, B20-ANP, B21-ANP, B22-ANP, B23-ANP, B24, B25-ANP, B26-ANP, B27-ANP, B28-ANP
C	Río El Naranjo	C1, C2, C3, C4, C5
D	Río Pilcaya	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14-ANP, D15, D16-ANP, D17, D18, D19-ANP, D20, D21, D22
E	Río Chontalcuatlán	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8
F	Río San Jerónimo	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14-ANP, F15-ANP, F16-ANP, F17-ANP, F18-ANP, F19-ANP, F20-ANP, F21-ANP, F22-ANP, F23-ANP, F24-ANP, F25-ANP, F26-ANP, F27-ANP, F28-ANP, F29, F30-ANP
G	Río Lerma	G1, G2, G3, G4-ANP, G5-ANP, G6-ANP, G7-ANP, G8-ANP, G9-ANP, G10-ANP, G11-ANP, G12-ANP, G13
H	Río Chalma	H1, H2, H3, H4, H5, H6-ANP, H7-ANP, H8-ANP, H9-ANP, H10-ANP, H11-ANP, H12-ANP, H13-ANP, H14-ANP, H15
I	Zempoala	I1-ANP, I2, I3, I4-ANP, I5
J	Río Tejaltepec	J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7-ANP
K	Arroyo Limón	K1

Políticas Ambientales.

A partir de las condiciones naturales del territorio y las características de las unidades de gestión ambiental (calidad ecológica, fragilidad natural, presión antropogénica y vulnerabilidad ambiental), se definió la política ambiental, cabe destacar que algunas unidades de gestión ambiental presentan dos políticas, basados en la identificación de conflictos entre aptitud y uso de suelo actual dentro de ellas. Los elementos considerados para determinar las políticas e integración de lineamientos ecológicos son: calidad ecológica, cuerpos de agua y cauces, áreas naturales protegidas, presión antrópica, procesos erosivos y zonas de atención prioritaria.

A partir de los criterios señalados se definieron las siguientes políticas, con sus respectivas combinaciones: Protección, Protección – Conservación, Protección – Restauración, Conservación, Restauración, Restauración – Conservación, Restauración – Aprovechamiento y, Aprovechamiento.

La distribución de las políticas ambientales para cada Unidad de Gestión Ambiental, se observa en la tabla siguiente:

POLÍTICAS	UGA´s
Protección	A1-ANP, A5-ANP, B11-ANP, B22-ANP, B28-ANP, D14-ANP, F22-ANP, F23-ANP, I1-ANP, I4-ANP, J7-ANP.
Protección – Conservación	G4-ANP
Protección - Restauración	A2-ANP, A3-ANP, A4-ANP, B10-ANP, B13-ANP, B15-ANP, B16-ANP, B17-ANP, B18-ANP, B19-ANP, B20-ANP, B21-ANP, B23-ANP, B25-ANP, B26-ANP, B27-ANP, D16-ANP, D19-ANP, F14-ANP, F15-ANP, F16-ANP, F17-ANP, F18-ANP, F19-ANP, F20-ANP, F21-ANP, F24-ANP, F25-ANP, F26-ANP, F27-ANP, F28-ANP, F30-ANP, G5-ANP, G6-ANP, G7-ANP, G8-ANP, G9-ANP, G10-ANP, G11-ANP, G12-ANP, H6-ANP, H7-ANP, H8-ANP, H9-ANP, H10-ANP, H11-ANP, H12-ANP, H13-ANP, H14-ANP.
Conservación	B1, B9, C5, D6, D8, D21, E6, E7, F4, F5, F6, F29, H4, I3, J2, J4
Restauración	B2, B3, B5, B8, D4, D12, D15, D18, D22, E3, F7, F11, F12, G2, G3, H15, I2, J1, J5.
Restauración – Conservación	B6, B12, C4, D3, D5, D7, D9, D10, D20, F9, H1, H5, I5, J3, J6, K1
Restauración - Aprovechamiento	B4, B7, B14, B24, C1, C2, C3, E5, F2, F3, F8, F13, H2.
Aprovechamiento	D1, D2, D11, D13, D17, E1, E2, E4, E8, F1, F10, G1, G13, H3.

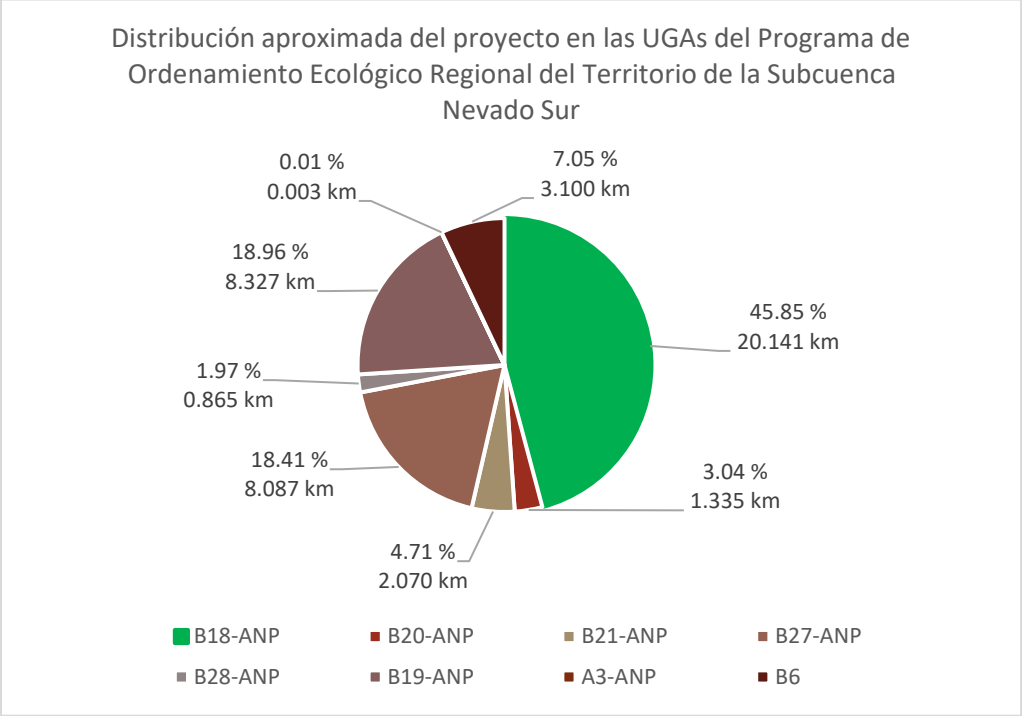
De lo anterior, las unidades de gestión ambiental y las políticas ambientales que regulan la zona del proyecto son las siguientes:

UGAs	Política	Vinculación con el proyecto
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	**<u>Protección-Restauración</u>**: Se aplicó a UGAs que se ubican dentro de áreas naturales protegidas, donde las actividades antrópicas han modificado en mayor o menor grado, la dinámica natural de los ecosistemas.	El proyecto incide mayoritariamente en la política de Protección - Restauración (39.97km=90.99%), y en menor proporción en la política de Protección (0.86km=1.96%) y Restauración - Conservación (3.10km=7.05%) respectivamente. Por lo que, para contribuir con los objetivos que persiguen estas estrategias el proyecto propone la realización de diversas medidas, como las siguientes: • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial. • Pláticas de concientización ambiental. • Instalaciones adecuadas de los almacenes temporales de residuos sólidos y sustancias peligrosas o de manejo especial. • Instalación y manejo adecuado de sanitarios portátiles. • Instalación de barreras de sedimentos. • Colocación de filtros de grava y piedra. • Estabilización de taludes. • Revegetación de márgenes de cauces.
B28-ANP	**<u>Protección</u>**: Se aplico a las UGAs que se ubican dentro de áreas naturales protegidas, las cuales mantienen cobertura vegetal en buen estado y donde las actividades antrópicas no	

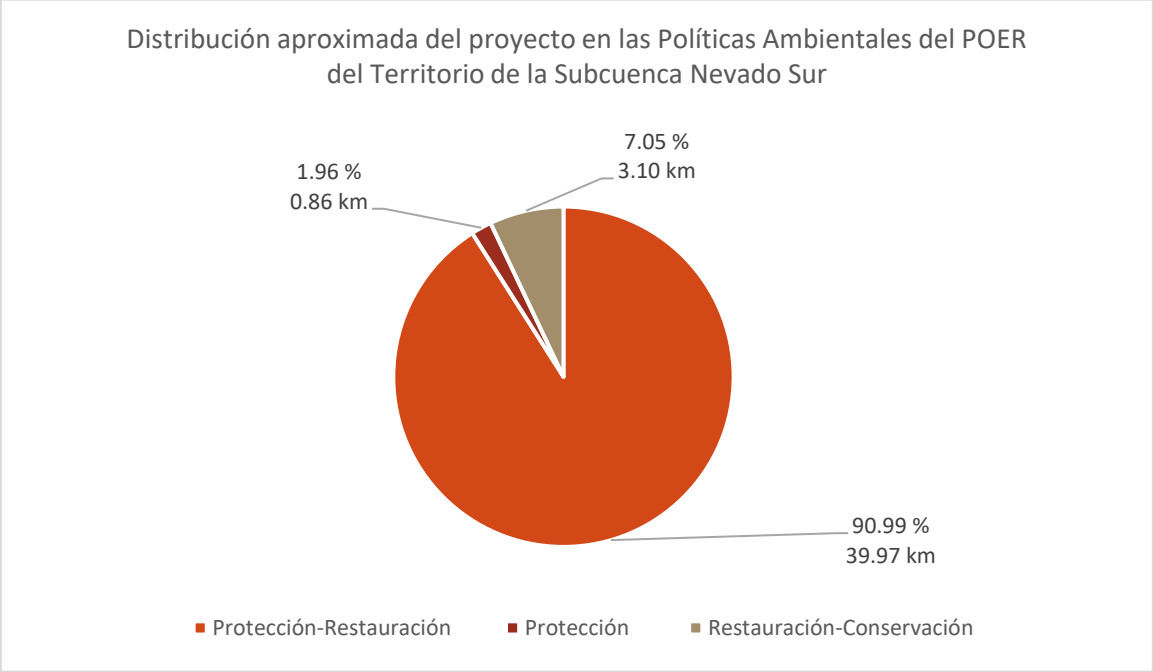
	han modificado la dinámica natural de los ecosistemas de manera representativa.	• Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros. • Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre. • Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre. • Monitoreo de mariposa monarca (*Danaus plexippus*). • Programa de Adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna. • Programa de Reforestación. • Saneamiento Forestal. • Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje). • Implementación de brechas cortafuegos. • Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna. Medidas que se describen ampliamente en el contenido del capítulo VI de la MIA-R.
B6	**<u>Restauración-Conservación</u>:** El objetivo de estas UGAs es promover prácticas de recuperación ambiental tendientes a la conservación de la biodiversidad.	

A continuación, se describe la distribución aproximada del proyecto en las unidades de gestión ambiental aplicables y en las políticas ambientales que regulan la zona a intervenir.

UGAs	kilómetros aproximados	% aproximados
B18-ANP	20.141	45.85
B20-ANP	1.335	3.04
B21-ANP	2.070	4.71
B27-ANP	8.087	18.41
B28-ANP	0.865	1.97
B19-ANP	8.327	18.96
A3-ANP	0.003	0.01
B6	3.100	7.05
Total	**43.928**	**100.00**



UGAs	Políticas ambientales	kilómetros aproximados	Total de Kilómetros aproximados	% aproximados	Total de % aproximados
B18-ANP	Protección-Restauración	20.14	39.97	45.85	90.99
B20-ANP		1.34		3.05	
B21-ANP		2.07		4.71	
B27-ANP		8.09		18.42	
B19-ANP		8.33		18.96	
A3-ANP		0.00		0.00	
B28-ANP	Protección	0.86	0.86	1.96	1.96
B6	Restauración-Conservación	3.10	3.10	7.05	7.05
Total		**43.93**	**43.93**	**100.00**	**100.00**



En la siguiente imagen se aprecia la ubicación del proyecto dentro del límite territorial de la unidad de gestión ambiental aplicable.

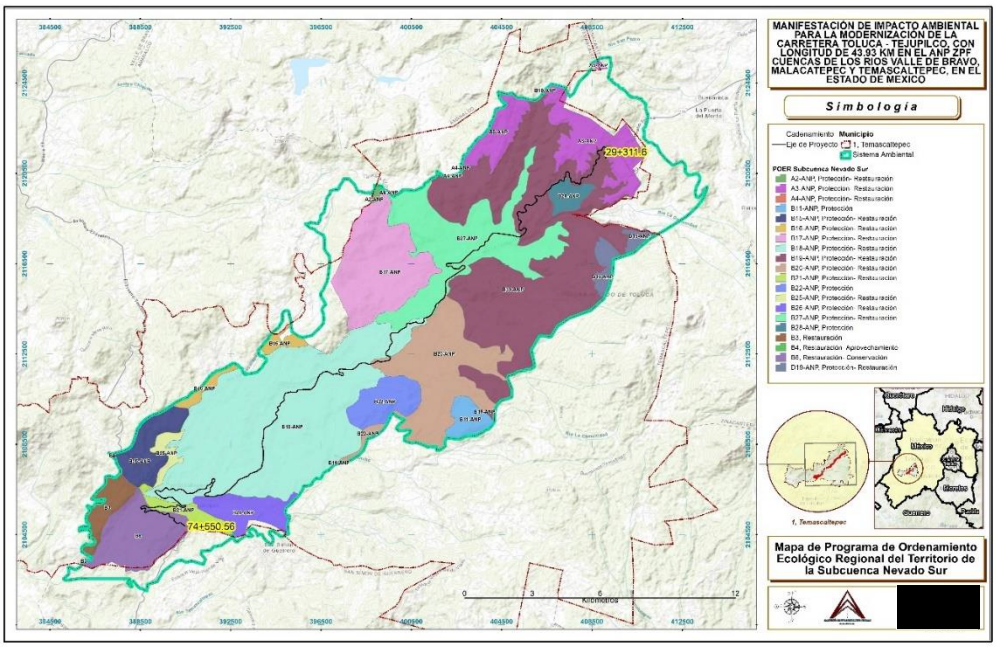


Imagen 4. Ubicación del eje del proyecto en las Unidades de Gestión Ambiental: B18-ANP, B20-ANP, B21-ANP, B27-ANP, B28-ANP, B19-ANP, A3-ANP y B6.

Lineamientos.

Los lineamientos ecológicos son metas u objetivos que reflejan la condición deseable de una UGA. Concatenadamente, para cada lineamiento, se establecen estrategias y criterios de regulación ecológica, a partir de: el estado actual de los atributos ambientales; los conflictos y problemas ambientales detectados; los mecanismos necesarios para un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la recuperación de áreas perturbadas y, en general, la optimización del uso del espacio.

Criterios de Regulación Ecológica.

Son aspectos generales que norman los diversos usos del suelo en el área de ordenamiento y su aplicación es específica para cada unidad de gestión ambiental, de acuerdo al contexto socio-ambiental de ésta.

Expuesto lo anterior, en la siguiente tabla se describen las unidades de gestión ambiental (UGA), los usos predominantes, compatibles, condicionados e incompatibles, así como, los lineamientos y criterios de regulación ecológica aplicables al proyecto.

UGAs	Uso Predominante	Uso Compatible	Uso Condicionado	Uso Incompatible	Lineamiento	Criterios de Regulación Ecológica
B18-ANP	Forestal	Flora y Fauna	Los que establezca el Decreto. Pago por servicios ambientales. Ecoturismo, Agrícola, Asentamientos Humanos, Infraestructura y Servicios	Minería, Industria	Impulsar el cumplimento de los objetivos y funciones establecidos en el decreto del ANP	1, 3-9, 11-27, 79, 82, 84, 98, 101-105, 109
B20-ANP	Agropecuario	Agroforestal, Turismo	Los que establezca el Decreto. Pago por servicios ambientales. Ecoturismo, Asentamientos Humanos	Minería, Industria		1-9, 11-43, 45-66, 72-79, 82, 85, 87, 94-96, 98, 101-105, 109
B21-ANP	Forestal	Flora y Fauna		Minería, Industria		1, 3-9, 11-27, 79, 98, 101-104, 109
B26-ANP	Agrícola	Forestal	Los que establezca el Decreto. Pago por servicios ambientales.	Minería, Industria	Impulsar el cumplimento de los objetivos y funciones	1-9, 11-33, 36, 38, 41, 43-46, 52, 72-79, 82, 84, 98, 101-104

			Asentamientos Humanos		establecidos en el decreto del ANP	
B27-ANP	Agrícola	Forestal	Los que establezca el Decreto. Asentamientos Humanos	Minería, Industria		1-9, 11-19, 28, 29, 31-33, 36, 38, 41, 43-46, 52, 72-78, 82, 84, 98, 101-105
B28-ANP	Agrícola	Forestal		Minería, Industria	Impulsar el cumplimento de los objetivos y funciones establecidos en el decreto del ANP	1-9, 13, 28, 32-36, 43-48, 50-61, 67, 74-76, 79, 85, 98, 101, 103, 104
B19-ANP	Forestal	Flora y Fauna	Los que establezca el Decreto. Pago por servicios ambientales. Ecoturismo, Agrícola, Asentamientos Humanos	Minería, Industria		1-9, 11-31, 82, 83, 98, 101-104
A3-ANP	Forestal	Flora y Fauna	Los que establezca el Decreto. Pago por servicios ambientales. Ecoturismo	Asentamientos humanos, Minería, Industria.		1, 3-9, 11-27, 72-78, 83, 98, 101-104
B6	Forestal	Flora y Fauna	Ecoturismo, Pago por servicios ambientales	Asentamientos Humanos, Agropecuario, Minería, Industria	Conservar zonas forestales en buen estado y recuperar las zonas deterioradas	1, 3, 4, 7, 9-27, 73-76, 78, 85-87, 96, 98, 101-103, 105

A continuación, se presenta la vinculación de las obras y actividades del proyecto con lo dispuesto en los criterios de regulación ecológica aplicables.

UGAs	Criterios de Regulación Ecológica	Vinculación con el proyecto
B18-ANP **B20-ANP**	1. Se prohíbe la ubicación de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto.	El presente proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con el establecimiento de rellenos sanitarios y

B21-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**		tiraderos a cielo abierto, por lo que la realización de los trabajos de modernización no contradice lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP**	2. En los programas de conservación y manejo se deberán incluir zonas de aprovechamiento agrícola y agropecuario sustentables.	El criterio ecológico aquí descrito, relacionado con la implementación de programas de conservación y manejo, está orientado al quehacer de las autoridades ambientales, por lo que no son aplicables al proyecto carretero.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	3. Recuperar las zonas afectadas por cambios de uso de suelo.	El presente proyecto propone medidas de prevención, remediación, reducción y compensación para los impactos ambientales que se generen en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. En compensación por los impactos de cambio de uso de suelo, se llevará a cabo un programa de reforestación que incluye obras de conservación de suelos y siembra de especies nativas.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	4. Mantener las áreas con mayor biodiversidad.	Para contribuir con la conservación de la biodiversidad presente en el área del proyecto se realizarán las siguientes medidas: • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre. • Programa de rescate, reubicación y ahuyento de fauna silvestre. • Monitoreo de Mariposa Monarca. • Programa de reforestación. • Saneamiento forestal. • Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna. • Implementación de brechas cortafuegos. Así también, con la finalidad de evitar mayores afectaciones a las estrictamente necesarias, se limitarán las actividades a la

		línea de ceros autorizada para el desarrollo de los trabajos proyectados.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	5. Los bordes de caminos rurales deberán ser protegidos con árboles y arbustos preferentemente nativos.	Las obras y actividades que se proyectan refieren la modernización de una vía general de comunicación existente, no están dirigidas a un camino rural, por lo que, lo dispuesto en este criterio ecológico no es aplicable al proyecto.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	6. En las áreas naturales protegidas se deberá contar con reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna.	Al respecto se manifiesta que, conforme al resultado del monitoreo de la fauna silvestre que se realizará en la zona del proyecto se determinará la necesidad de instalar reductores de velocidad, señalética o líneas logarítmicas.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	7. No se permite la disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o rellenos sobre la vegetación nativa.	En cumplimiento a lo aquí dispuesto, durante la realización del proyecto carretero quedará prohibido dejar sobre la vegetación nativa de la zona a intervenir materiales derivados de la obra, así como, excavaciones o rellenos; para un adecuado manejo, control y disposición de estos, se realizarán diversas medidas de mitigación, como las siguientes: • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial. • Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos peligrosos. • Instalaciones adecuadas de los almacenes temporales de residuos

		sólidos y sustancias peligrosas o de manejo especial.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	8. El uso de áreas naturales protegidas con fines recreativos deberá estar sujeto a las disposiciones de reglamentos para prestadores de servicios y visitantes.	El presente proyecto refiere obras y actividades para la modernización de una vía general de comunicación, lo cual no presenta relación alguna con la acción descrita en este criterio de regulación ecológica.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	9. Solamente se permite el aprovechamiento fitosanitario del bosque, en concordancia con el Plan de Manejo.	Las obras y actividades que se proponen son únicamente para la modernización de una vía general de comunicación, lo cual, no guarda relación alguna con el aprovechamiento fitosanitario que refiere este criterio de regulación ecológica.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	11. Promover la protección y pago de servicios ambientales.	La acción indicada en este criterio de regulación ecológica está orientado al quehacer de las autoridades ambientales, por lo que no es aplicable al presente proyecto. Sin embargo, para contribuir con la preservación y protección de los servicios ambientales de la zona del proyecto se propone la realización de las medidas de mitigación que se describen en el capítulo VI de la MIA-R del proyecto, entre las que se encuentran: • Se limitarán las actividades a la línea de ceros. • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre. • Programa de rescate, reubicación y ahuyento de fauna silvestre. • Monitoreo de Mariposa Monarca. • Programa de reforestación • Saneamiento forestal. • Implementación de brechas cortafuegos.

		• Supervisión ambiental. • Comité de vigilancia ambiental.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	12. Reforestar áreas afectadas por tala o incendio.	Para contribuir con lo aquí dispuesto y, en compensación por el desarrollo de actividades de remoción de vegetación forestal, se propone la realización de un programa de reforestación con especies nativas, en sitios desprovistos de vegetación y/o afectados por la tala o incendios forestales.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	13. Evitar el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario.	Las obras y actividades que se proyectan son únicamente para la modernización de una vía general de comunicación existente, no son para el desarrollo de actividades relacionadas con lo agropecuario, en ese contexto, la realización del proyecto carretero no contradice lo aquí dispuesto.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	14. Para evitar incendios forestales, implementar programas de brechas cortafuegos.	Para contribuir con lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica se propone la "implementación de brechas cortafuegos" en zonas susceptibles y estratégicas del derecho de vía, para la prevención y combate de incendios forestales.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	15. En la reforestación, se deberá asegurar el desarrollo de la vegetación plantada y en su caso se repondrán los ejemplares que no sobrevivan.	Como medida de compensación, se realizará un programa de reforestación con especies nativas, para restablecer funciones ecológicas y fortalecer procesos como la sucesión vegetal, la productividad, la ecología del suelo, la incorporación de nutrientes, entre otros. Dicho programa ambiental tendrá un monitoreo de cinco (5) años para asegurar la supervivencia de las plantas.

B6		
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	16. El aprovechamiento de leña para uso doméstico, deberá sujetarse a lo establecido en la NOM-RECNAT-012-1996.	Las obras y actividades que se proponen son únicamente para la modernización de una vía general de comunicación, lo cual, no guarda relación alguna con el aprovechamiento de leña para uso doméstico que refiere este criterio de regulación ecológica.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	17. Se podrán llevar a cabo aprovechamientos forestales comerciales que garanticen el mantenimiento de la estructura y función del bosque.	El presente proyecto plantea obras y actividades para la modernización de una vía general de comunicación existente, no refiere trabajos relacionados con el aprovechamiento forestal comercial; es así que la realización del proyecto carretero no contradice lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	18. Los aprovechamientos forestales deberán contar con un programa de manejo autorizado por SEMARNAT a través de la evaluación de impacto ambiental correspondiente.	
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	19. Se promoverá la creación de plantaciones para la obtención de leña combustible.	La acción indicada en este criterio de regulación ecológica promueve la creación de plantaciones para obtener leña combustible, lo cual no guarda relación alguna con las obras y actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente.

B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	20. Evitar la extracción de especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.	Con el objetivo de conservar la biodiversidad presente en el área del proyecto en relación a individuos de especies de flora que estén o no catalogadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se llevará a cabo la elaboración de un Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre y un Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre. De igual modo, no se pretende introducir al sitio del proyecto especies exóticas, para ello, se darán a conocer a través pláticas de concientización ambiental a todo el personal de la obra.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	21. No introducir especies exóticas.	
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	22. Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres.	Para el restablecimiento de funciones ecológicas y de procesos como la sucesión vegetal, la productividad, la ecología del suelo y la incorporación de nutrientes, entre otros, se propone la realización de un programa de reforestación con especies nativas que incluye lo siguiente: • Obras de conservación de suelos • Siembra con especies nativas A través de este programa se busca compensar los impactos del cambio de uso de suelo, la pérdida de hábitat, la disminución de la comunidad de flora y la modificación de su población o muerte de individuos. Así mismo, se buscan compensar los componentes hidrológicos y del suelo, en los cuales se aumentará la pérdida de suelo, la compactación del suelo, el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como la disminución de los servicios ecosistémicos.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP**	23. Impulsar prácticas de ecodesarrollo que favorezcan la creación de viveros y criaderos de distintas especies nativas.	Lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica no presenta relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización de 43.93 km de longitud de la carretera Toluca – Tejupilco.

B19-ANP **A3-ANP** **B6**		
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	24. Se permite el aprovechamiento de flora y fauna silvestre con fines de autoconsumo por parte de las comunidades locales.	El presente proyecto plantea obras y actividades para la modernización de una vía general de comunicación existente, no refiere trabajos relacionados con el aprovechamiento de flora y fauna silvestre, ni pretende la instalación de UMAS; por lo que la realización del proyecto carretero no contradice lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	25. Se permite la instalación de unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) en la modalidad de manejo intensivo para uso comercial, repoblación o recreación, siempre y cuando cumplan con la normatividad vigente.	
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	26. Los aprovechamientos forestales deberán garantizar la permanencia de corredores faunísticos.	Lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica no presenta relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización de 43.93 km de longitud de la carretera existente Toluca – Tejupilco.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	27. Promover la reforestación natural del bosque.	El proyecto propone la realización de un programa de reforestación con especies nativas, en compensación por las actividades de remoción de vegetación forestal, contribuyendo de esta forma con lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica.

B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP**	28. Fomentar la reconversión de la agricultura tradicional a cultivos más rentables.	Lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización de la carretera existente, toda vez que la remoción forestal que se pretende no es para desarrollar acciones de agricultura y/o cultivo, ni de manejo forestal.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP**	29. Permitir el uso del sotobosque de manera local y doméstica.	
B20-ANP **B26-ANP** **B19-ANP**	30. Se podrán llevar a cabo aprovechamientos forestales comerciales que garanticen el mantenimiento de la estructura y función del bosque.	El presente proyecto plantea obras y actividades para la modernización de una vía general de comunicación existente, no refiere trabajos relacionados con aprovechamientos forestales comerciales, ni pretende el establecimiento de plantaciones forestales maderables; por lo que la realización del proyecto carretero no contradice lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP**	31. Se promoverá el establecimiento de plantaciones forestales maderables y no maderables que consideren los usos múltiples.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B28-ANP**	32. Evitar el pastoreo en pendientes >30º.	La acción indicada en este criterio de regulación ecológica no guarda relación alguna con las obras y actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP**	33. Construir infraestructura con materiales que mantengan la dinámica hidráulica natural.	Al respecto, se manifiesta que todos los trabajos se ejecutarán conforme a las especificaciones técnicas proporcionadas y las normas AASHTO Estándar, SICT y normativas aplicables.
B20-ANP **B28-ANP**	34. Promover el manejo de pastizales mejorados.	Las acciones indicadas en estos criterios de regulación ecológica están orientados al quehacer de las autoridades ambientales, en virtud de que recomiendan el manejo de pastizales mejorados y la estabulación del ganado, lo cual, no guarda relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización del camino existente.
B20-ANP **B28-ANP**	35. Promover la estabulación del ganado.	

B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP**	36. Se recomienda la implementación de sistemas agrosilvopastoriles.	El presente proyecto plantea obras y actividades para la modernización de una vía general de comunicación existente, no refiere trabajos relacionados con sistemas agrosilvopastoriles y pastoreo; por lo que la realización del proyecto carretero no contradice lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica.
B20-ANP	37. En las zonas donde se lleve a cabo pastoreo se deberá determinar la carga animal adecuada en base a la superficie del agostadero.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP**	38. La práctica de quema de pastos viejos para la formación de brotes jóvenes queda restringida y se deberá llevar a cabo de forma controlada.	Lo dispuesto en estos criterios de regulación ecológica no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización de una carretera existente, toda vez que los trabajos de remoción forestal que se pretenden no son para desarrollar acciones de quema de pastos viejos o el establecimiento de pastizales o inducidos.
B20-ANP	39. Se podrán establecer pastizales naturales o inducidos en las áreas destinadas a agostaderos, ya sea con fines de alimentación animal o como medida de recuperación de zonas erosionadas.	
B20-ANP	40. En suelos en restauración y con pendientes del 15 al 40% se deberán establecer praderas, pastos nativos o algún tipo de cubierta vegetal endémico con el propósito de reducir los escurrimientos.	Las acciones indicadas en estos criterios de regulación ecológica están orientados al quehacer de las autoridades ambientales, toda vez que promueven el establecimiento de praderas, pastos nativos o algún tipo de cubierta vegetal endémico en suelos en restauración con pendientes del 15 al 40%, y el establecimiento de presas de gavión en suelos con alto potencial de escorrentías. Dichas acciones no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización de un camino existente.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP**	41. En suelos con alto potencial de escorrentía se recomienda establecer presas de gavión.	
B20-ANP	42. Los terrenos agrícolas en descanso deberán estar sujetos a un programa de sembradíos de pradera.	Las acciones indicadas en estos criterios de regulación ecológica recomiendan la realización de programas de sembradíos de pradera en terrenos agrícolas en descanso, el uso de abonos orgánicos y el control biológico de plagas y enfermedades, los cuales no guardan relación alguna con las
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP**	43. Promover el uso de abonos orgánicos en sustitución de los químicos.	

B28-ANP		obras y actividades que se proyectan para la modernización de un camino existente.
B26-ANP **B27-ANP** **B28-ANP**	44. Realizar control biológico de plagas y enfermedades.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP**	45. Rehabilitar suelos con procesos de erosión.	Para contribuir con lo aquí dispuesto se propone lo siguiente: • Estabilización de taludes con mallas de protección y acciones de revegetación, para la protección de los suelos expuestos al intemperismo controlando la erosión, además de proteger al componente hídrico, buscando consolidar y asegurar terrenos inclinados para prevenir deslizamientos, erosión laminar y eólica y con esto el azolve en los sitios donde los taludes queden colindantes con los escurrimientos superficiales.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP**	46. Promover métodos y técnicas de conservación de suelo y agua.	Se impartirán platicas de concientización ambiental a fin de inculcar a los trabajadores el respeto por el medio ambiente.
B20-ANP **B28-ANP**	47. Se promoverán centros de composteo.	Estas acciones promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que promueven la instalación de centros de composteo, la rotación de cultivos y el manejo eficiente del agua de riego; acciones que no son aplicables al proyecto que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B28-ANP**	48. Promover la rotación de cultivos para evitar la degradación del suelo.	
B20-ANP	49. Implementar un programa de estímulo al manejo eficiente del agua de riego.	
B20-ANP **B28-ANP** **B28-ANP**	50. Vigilar la adecuada disposición final de los residuos de agroquímicos (envases y plásticos).	Estos criterios de regulación ecológica promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que recomiendan vigilar la disposición final de los residuos de agroquímicos, evitar el uso indiscriminado de agroquímicos y el desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales; acciones que no son aplicables al proyecto que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B28-ANP**	51. Evitar el uso indiscriminado de agroquímicos.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP**	52. Deberá promoverse el desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales.	

B28-ANP		
B20-ANP **B28-ANP** **B28-ANP**	53. Evitar cultivos en pendientes >15%.	Estos criterios de regulación ecológica promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que exhortan a evitar cultivos en pendientes mayores a 15%, propiciar el desarrollo de huertos de cultivos múltiples, y la separación de las áreas de cultivo de ríos y cuerpos de agua, a través de una zona de amortiguamiento; acciones que no son aplicables al proyecto que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B28-ANP**	54. Propiciar el desarrollo de huertos de cultivos múltiples en parcelas con baja productividad.	
B20-ANP **B28-ANP**	55. El área de cultivo deberá estar separada de ríos y cuerpos de agua por una zona de amortiguamiento de 20m de ancho.	
B20-ANP **B28-ANP**	56. En pendientes suaves (del 2 al 8%) se recomienda para reducir la escorrentía superficial, la utilización de canales de desvío y surcado en contorno.	Estos criterios de regulación ecológica promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que recomiendan, en pendientes suaves: reducir la escorrentía superficial, la utilización de canales de desvío y surcado en contorno; en terrenos con manejo de terrazas: la siembra de frutales, magueyes y nopales en los bordes de las terrazas con el fin de estabilizarlas y diversificar la producción de la parcela; así como, utilizar sólo plaguicidas autorizados; y evitar, en arroyos, canales, ríos, lagos o cualquier otro cuerpo de agua, el contacto directo de los equipos de aplicación, envases de plaguicidas o sobrantes; acciones que no son aplicables al proyecto de CUSTF que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B28-ANP**	57. En terrenos con manejo de terrazas se recomienda la siembra de frutales, magueyes y nopales en los bordes de las terrazas con el fin de estabilizarlas, diversificar la producción de la parcela y proveer una fuente extra de ingresos monetarios y para el autoconsumo.	
B20-ANP **B28-ANP**	58. Se deberán utilizar sólo los plaguicidas autorizados por la CICOPLAFEST.	
B20-ANP **B28-ANP**	59. Se deberá evitar el contacto directo de los equipos de aplicación, envases de plaguicidas o sobrantes, en arroyos, canales, ríos, lagos o cualquier otro cuerpo de agua.	
B20-ANP **B28-ANP**	60. Se deberá evitar la aplicación de plaguicidas en campos irrigados, en donde el agua pueda llegar a arroyos,	Estos criterios de regulación ecológica promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que exhortan a evitar la aplicación de plaguicidas en campos

	canales u otros cuerpos de agua.	irrigados, impulsan los cultivos orgánicos, y recomiendan los métodos superficiales de riego en pendientes menores al 4%; acciones que no son aplicables al proyecto que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B28-ANP**	61. Se promoverán los cultivos orgánicos.	
B20-ANP	62. En terrenos con pendientes uniformes menores al 4%, se recomiendan los métodos superficiales de riego.	
B20-ANP	63. Cuando el flujo del agua sea pequeño se recomienda el riego por aspersión y goteo ya que es más eficiente que el riego superficial.	Estas acciones promueven acciones relacionadas con la agricultura, toda vez que recomiendan el riego por aspersión y goteo; evitar el riego con aguas negras; en zonas con pendientes pronunciadas: la utilización de sistemas de riego por aspersión o por goteo; y un uso racional del agua para riego; acciones que no son aplicables al proyecto que se propone para la modernización de una vía general de comunicación existente
B20-ANP	64. Se debe evitar el riego con aguas negras, si estas son empleadas, no se deberán utilizar aspersores para evitar el contacto con las partes comestibles de las plantas.	
B20-ANP	65. Se recomienda la utilización de sistemas de riego por aspersión o por goteo en zonas con pendientes pronunciadas.	
B20-ANP	66. Se deberá hacer un uso racional del agua para riego.	
B28-ANP	67. Restringir la actividad minera dentro de áreas naturales protegidas.	La acción indicada en este criterio de regulación ecológica no guarda relación alguna con las actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **A3-ANP**	72. Proteger y restaurar las corrientes de ríos, arroyos, canales y cauces que atraviesen las zonas turísticas.	El eje carretero a modernizar no atraviesa zonas turísticas, de manera que lo aquí dispuesto no es aplicable.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **A3-ANP** **B6**	73. En el desarrollo de los proyectos ecoturísticos, se deberán mantener los ecosistemas tales como bosque, selva, entinares, ciénegas o lagunas; así como las poblaciones de flora y fauna	Las obras y actividades que se proyectan son para la modernización de una vía general de comunicación existente, lo cual, no guarda relación alguna con el desarrollo de proyectos ecoturísticos o el diseño e implementación de un programa turístico integral; es así que, la realización del presente

	con algún estatus de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT200I.	proyecto no contraviene las indicaciones aquí descritas.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **A3-ANP** **B6**	74. Diseñar e implementar un programa turístico integral considerando el potencial rural y escénico del paisaje, así como sus actividades dependiendo del deterioro de los recursos naturales.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **A3-ANP** **B6**	75. Se evitarán desarrollos turísticos en zonas de riesgo.	El criterio ecológico aquí descrito no es aplicable al proyecto.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **A3-ANP** **B6**	76. Las actividades recreativas y turísticas deberán contar con un programa de manejo integral de residuos sólidos y líquidos.	Las obras y actividades que se proyectan son para la modernización de una vía general de comunicación existente, lo cual, no guarda relación alguna con el desarrollo de actividades recreativas y turísticas o el establecimiento de centros turísticos; es así que, la realización del presente proyecto no contraviene las indicaciones aquí descritas.
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **A3-ANP**	77. Los centros turísticos con gran consumo de agua deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales.	
B20-ANP **B26-ANP** **B27-ANP** **A3-ANP** **B6**	78. Las actividades recreativas deberán contar con un reglamento que minimice impactos ambientales hacia la flora, fauna y formaciones geológicas.	Las obras y actividades que se proyectan son para la modernización de una vía general de comunicación existente, lo cual, no guarda relación alguna con el desarrollo de actividades recreativas o el crecimiento de asentamientos humanos; es así que, la realización del presente proyecto no contraviene las indicaciones aquí descritas.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP**	79. Contener el crecimiento de las comunidades asentadas dentro de áreas naturales protegidas, a través de un plan parcial de desarrollo urbano.	

B26-ANP **B28-ANP**		
B18-ANP **B20-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP**	82. No se permite el crecimiento de los asentamientos humanos en zonas de riesgo por inundación.	
B19-ANP **A3-ANP**	83. No se permite el crecimiento de los asentamientos humanos en zonas de riesgo por remoción en masa.	
B18-ANP **B26-ANP** **B27-ANP**	84. Queda prohibido la edificación de viviendas en los derechos federales de ríos y cuerpos de agua.	Las obras y actividades que se proyectan son para la modernización de una vía general de comunicación existente, lo cual, no guarda relación alguna con la edificación de viviendas; el aprovechamiento de energías alternativas; y la ubicación de confinamientos de residuos sólidos; es así que, la realización del proyecto carretero no contraviene las indicaciones aquí descritas.
B20-ANP **B28-ANP** **B6**	85. Impulsar el aprovechamiento de energías alternativas en zonas rurales y urbanas.	
B6	86. Restringir la ubicación de confinamientos de residuos sólidos acorde a la normatividad vigente.	
B20-ANP **B6**	87. Se promoverán la construcción de letrinas secas en zonas rurales.	Las obras y actividades que se proyectan son para la modernización de una vía general de comunicación existente, lo cual, no guarda relación alguna con la construcción de letrinas secas; el establecimiento de asentamientos humanos menores y mayores a 500 habitantes; y la reubicación de asentamientos humanos de las zonas de riesgo; es así que, la realización del proyecto carretero no contraviene las indicaciones aquí descritas.
B20-ANP	94. Los asentamientos humanos mayores a 500 habitantes deberán contar con infraestructura para el manejo integral de los residuos sólidos.	
B20-ANP	95. Los asentamientos menores a 500 habitantes deberán contar con un programa de reducción, reciclaje, recolección y disposición final de residuos sólidos.	
B20-ANP **B6**	96. Se deberá considerar la reubicación de los	

	asentamientos humanos de las zonas de riesgo.	
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	98. Mantener la calidad de ríos, cuerpos de agua y manantiales.	Para contribuir con la conservación de los cuerpos de agua presentes en la zona del proyecto se realizarán las siguientes acciones: • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial. • Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos peligrosos. • Instalaciones adecuadas de los almacenes temporales de residuos sólidos y sustancias peligrosas o de manejo especial. • No extraer agua de corrientes perennes, intermitentes o cuerpos de agua. • Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de corrientes y cuerpos de agua. • Construcción y modernización de obras de drenaje que permitan el flujo natural de los escurrimientos. • Se limitarán las actividades a la línea de ceros. • Instalación de barreras de sedimentos. • Colocación de filtros de grava y piedra. • Estabilización de taludes. • Revegetación de márgenes de cauces. Medidas que se describen ampliamente en el capítulo VI de la MIA-R del proyecto.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP**	101. Se deberá mantener o en su caso restaurar la vegetación de la zona federal de ríos y cuerpos de agua con especies propias para este fin.	Para contribuir con la conservación y/o restauración de la vegetación de la zona federal de ríos y cuerpos de agua existentes en la zona del proyecto, se propone la realización de acciones de “revegetación de márgenes de cauces”, que consiste en la plantación de especies forestales que tienen la capacidad de desarrollarse en sitios húmedos con la finalidad de restaurar el suelo de los márgenes de los cauces y con ello,

B19-ANP **A3-ANP** **B6**		aumentar la retención de humedad, reducir la erosión laminar y el desprendimiento de partículas de suelo que por gravedad contribuyan al azolve de los cauces. Esta medida, al mismo tiempo, promoverá la conservación de la vegetación riparia.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	102. Los aprovechamientos forestales, y la apertura de caminos forestales deberán evitar la modificación u obstrucción de corrientes de agua superficiales y subterráneas	El proyecto no refiere trabajos relacionados con el aprovechamiento forestal, ni con la apertura de caminos forestales, de ahí que lo aquí dispuesto no es aplicable.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP** **B6**	103. Se deberá preservar o restaurar la vegetación contigua a los cuerpos de agua, estableciendo una franja protectora no menor de 20 m entre los cuerpos de agua, cauces permanentes y las zonas de aprovechamiento forestal.	Para contribuir con la preservación y/o restauración de la vegetación contigua a los cuerpos de agua existentes en la zona del proyecto, se propone la realización de acciones de "revegetación de márgenes de cauces", que consiste en la plantación de especies forestales que tienen la capacidad de desarrollarse en sitios húmedos con la finalidad de restaurar el suelo de los márgenes de los cauces y con ello, aumentar la retención de humedad, reducir la erosión laminar y el desprendimiento de partículas de suelo que por gravedad contribuyan al azolve de los cauces. Esta medida, al mismo tiempo, promoverá la conservación de la vegetación riparia.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP** **B26-ANP** **B27-ANP** **B28-ANP** **B19-ANP** **A3-ANP**	104. Dentro de un área natural protegida, la instalación de infraestructura estará sujeta a manifestación de impacto ambiental y a lo establecido en su Programa de Conservación y Manejo.	El camino existente se ubica dentro del área de protección de recursos naturales "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México", por lo que, en atención a lo dispuesto en este criterio de regulación ecológica, las obras y actividades que forman parte del proyecto de modernización se someten al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la SEMARNAT, a través de la presentación de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) del proyecto, atendiendo, de igual

		forma, las disposiciones del Decreto y del Programa de Manejo de esta ANP federal.
B18-ANP **B20-ANP** **B27-ANP** **B6**	105. En la preparación del terreno e instalación de equipamiento e infraestructura no se permite el desvío de cauces de ríos.	Al respecto, se manifiesta que durante el desarrollo de las obras y actividades planteadas no se ocasionará el desvío de cauces de los escurrimientos existentes en la zona del proyecto.
B18-ANP **B20-ANP** **B21-ANP**	109. Se deberá incrementar los servicios de agua potable y drenaje a través de ecotecnias.	La acción indicada en este criterio de regulación ecológica no guarda relación alguna con las obras y actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente.

III.4. Áreas de Importancia Ecológica

III.4.1. Áreas Naturales Protegidas

En México existen áreas naturales protegidas de diversos tipos: federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas, estando bajo la administración de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) únicamente las de competencia federal. Las áreas naturales protegidas son grandes espacios geográficos en las que legalmente se ha establecido algún régimen de protección para salvaguardar sus valores, principalmente naturales, aunque algunas veces también conjuntamente culturales o históricos.

Al respecto, se corroboró que el tramo carretero a modernizar se introduce en el polígono territorial del área natural protegida de competencia federal “Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México” con carácter de Área de Protección de Recursos Naturales, como se aprecia en la siguiente imagen.

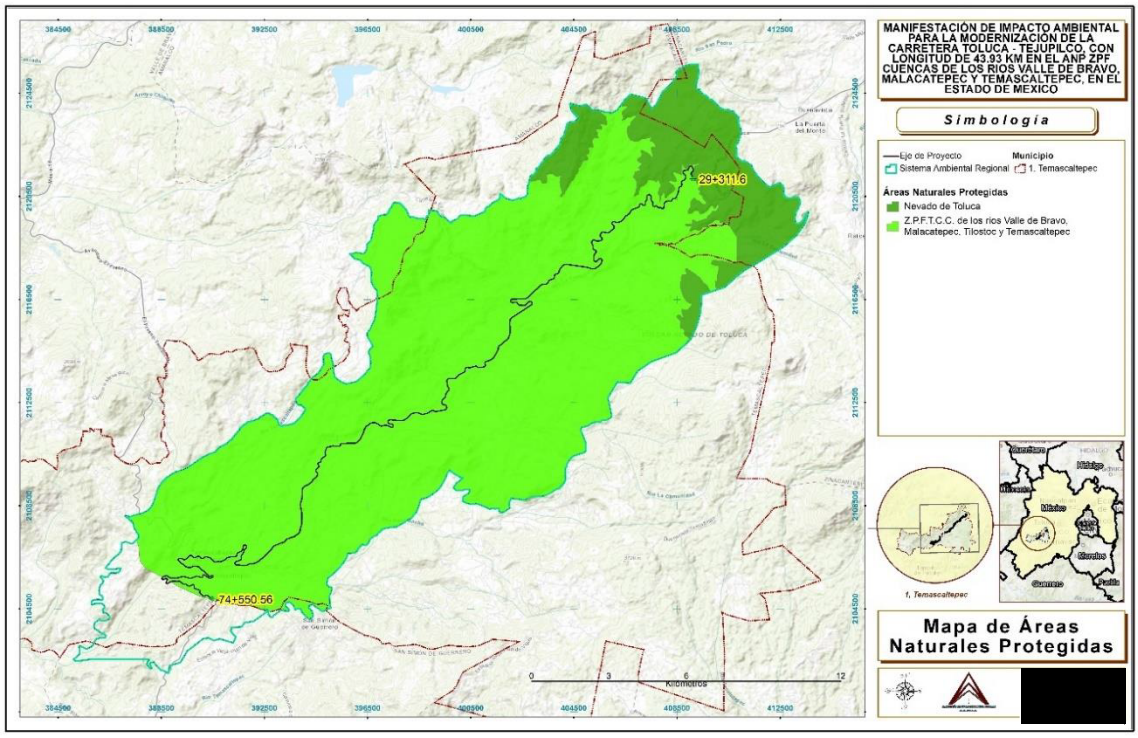


Imagen 5. Ubicación del eje del proyecto carretero en el Área Natural Protegida Federal Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, México.

A continuación, se presenta la vinculación del Decreto y del Programa de Manejo de esta ANP federal denominada Área de Protección de Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México".

III.4.1.1. ACUERDO por el que se determina como área natural protegida de competencia federal, con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de Méx.

Publicado en el DOF el jueves 23 de junio de 2005.

ARTICULO PRIMERO. Se determina como área natural protegida de competencia federal, con la categoría de área de protección de recursos naturales, la zona que a continuación se menciona:

Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de noviembre de 1941, abarcando desde la confluencia de los dos primeros, aguas arriba; del tercero desde la confluencia con el río Ixtapan del Oro aguas arriba, y del cuarto conocido también por río Verde, desde su paso por la población de Temascaltepec aguas arriba.

Al respecto:

Conforme a la zonificación establecida en el Programa de Manejo del APRN, el proyecto carretero incide dentro de la Zona de Amortiguamiento, específicamente en la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados; la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias; y Subzona de Asentamientos Humanos.

ARTICULO SEGUNDO. Las sucesivas comunicaciones oficiales relativas a la denominación del área natural protegida a que se refiere el artículo primero, será la consignada en el presente instrumento, es decir, Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México.

ARTICULO TERCERO. El presente Acuerdo no modifica en forma alguna las disposiciones contenidas en el Decreto Presidencial a través del cual se estableció el área natural protegida a que se refiere el artículo primero, en consecuencia, se sujetará a las disposiciones aplicables de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para la categoría correspondiente, así como a lo previsto en la declaratoria correspondiente.

Al respecto:

Conforme a los Considerandos del presente Acuerdo de Recategorización, el APRN Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México, está sujeta a las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo referente a la categoría correspondiente, y a lo previsto en su Declaratoria.

Derivado de lo anterior, el último Párrafo del artículo 53 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, LGEEPA, establece: "*En las áreas de protección de recursos naturales sólo podrán realizarse actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como la investigación, recreación, turismo y educación ecológica, de conformidad con lo que disponga el decreto que las establezca, el programa de manejo respectivo y las demás disposiciones jurídicas aplicables*".

Así también, conforme a los Considerandos del Decreto publicado en el DOF el 15 de noviembre de 1941, la declaratoria de esta área natural protegida nace para aumentar el caudal del rio Tilostoc e impedir la tala inmoderada de los bosques existentes en las cuencas de los cuatro ríos, tala que ha ocasionado una disminución apreciable de las aguas permanentes de éstos y el arrastre de una mayor cantidad de sedimentos, con grave perjuicio del Proyecto Hidroeléctrico de Ixtapan-tongo que tiene como fin la generación de energía eléctrica. Por lo que, el objetivo principal del Decreto, es la protección de los macizos forestales captadores de agua en las cuencas hidrológicas en las que se originan los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, así como proteger los suelos y recuperar su vocación forestal, y preservar los ecosistemas representativos y la alta diversidad biológica presente en el Área. Sin embargo, pese a lo anterior, esta área protegida federal es sujeta a varias perturbaciones: el crecimiento urbano, tala clandestina, plagas e incendios forestales, ampliación de la frontera agrícola, pastoreo, malas prácticas de turismo, extracción de materiales, entre otros, son los principales problemas que se han detectado en el APRN (Torres, 2025).

De manera que, a fin de contribuir con la protección, conservación y restauración de la zona del proyecto se propone la ejecución de diversas medidas de prevención, reducción, remediación y compensación para los impactos ambientales que se presienten durante la realización de las obras y actividades que forman parte del proyecto de modernización carretera, como las siguientes:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
- Pláticas de concientización ambiental.
- Instalación y manejo adecuado de sanitarios portátiles.
- Instalaciones adecuadas de los almacenes temporales de residuos sólidos y sustancias peligrosas o de manejo especial.
- No instalar obras provisionales o realizar actividades cerca de cuerpos de agua que no estén relacionados con obras de drenaje.
- Instalación de barreras de sedimentos.
- Colocación de filtros de grava y piedra.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.
- Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros.
- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre.
- Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*).
- Programa de adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna.
- Programa de Reforestación.
- Saneamiento forestal.
- Implementación de brechas cortafuegos.
- Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).
- Supervisión ambiental.
- Comité de vigilancia ambiental.

III.4.1.3. PROGRAMA DE MANEJO del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

El Decreto por el que se declaró Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México, de fecha 21 de octubre de 1941, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de noviembre del mismo año y el Acuerdo por el que se determina Área Natural Protegida de competencia Federal, con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales, establece que ésta área abarca desde la confluencia de los dos primeros, aguas arriba; del tercero desde la confluencia con el río Ixtapan del Oro aguas arriba y del cuarto conocido también por río Verde, desde su paso por la población de Temascaltepec aguas arriba, de fecha 26 de mayo de 2005, publicado en el Diario Oficial de la federación el 23 de junio del mismo año.

SUBZONAS Y POLÍTICAS DE MANEJO.

El Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Estado de México comprende las siguientes subzonas:

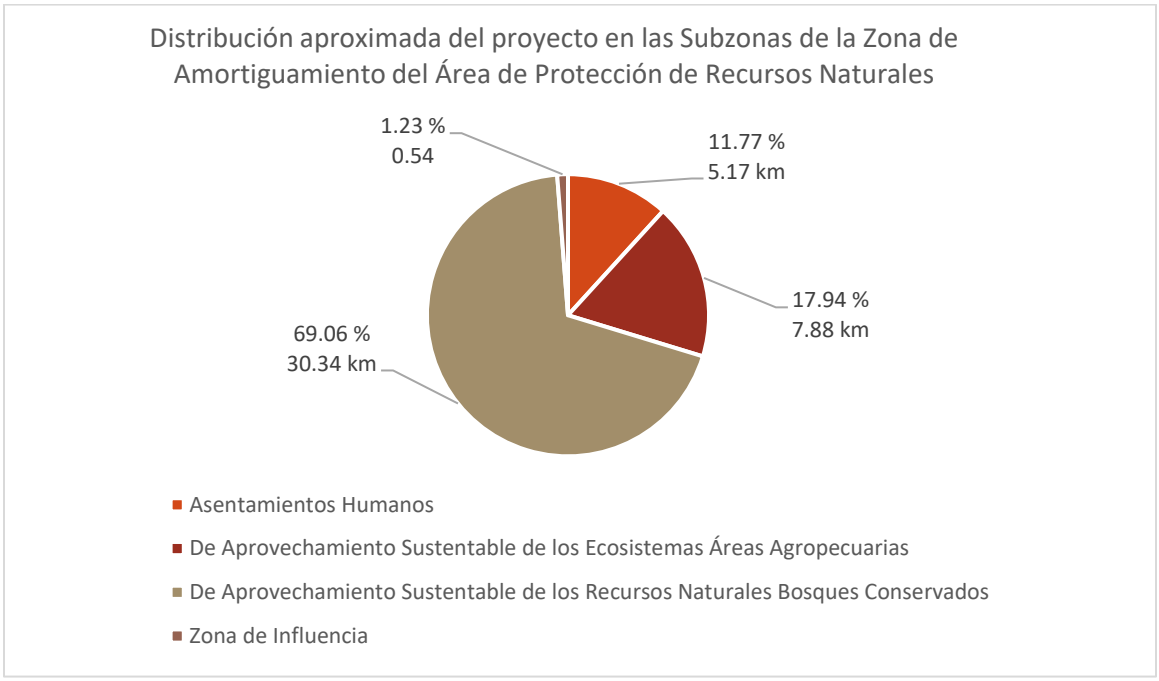
Zona de Amortiguamiento:

- Subzona de Preservación Mariposa monarca
- Subzona de Preservación Zonas de Captación de Agua
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Valle de Bravo
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias
- Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Valle de Bravo
- Subzona de Aprovechamiento Especial Relleno Sanitario Cuadrilla de Dolores
- Subzona de Aprovechamiento Especial Sistema Cutzamala,
- Subzona de Uso Público
- Subzona de Asentamientos Humanos
- Subzona de Recuperación

De lo anterior, el tramo carretero existente Toluca - Tejupilco de 43.94 km se ubica en la **Zona de Amortiguamiento** de esta Área de Protección de Recursos Naturales, específicamente en tres (3) Subzonas, las cuales, se distribuyen en el tramo carretero aproximadamente de la siguiente forma:

Zona de Amortiguamiento					
Subzonas	**Nombre polígono**	**Long. Aprox. (km)**	**Porcentaje Aprox. (%)**	**Long. Total Aprox. (km)**	**Porcentaje Total Aprox. (%)**
Asentamientos Humanos	Cabecera Municipal de Temascaltepec	5.17	11.77	5.17	11.77
De Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias	Cieneguillas	1.09	2.48	7.88	17.94
	Mesón Viejo	0.67	1.53		
	San Francisco Oxtotilpan	1.95	4.44		
	Tequisquiapan	4.17	9.49		
De Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados	El Chilacayote	10.74	24.45	30.34	69.06
	La Estancia	19.60	44.62		
Zona de Influencia	Zona de Influencia	0.54	1.23	0.54	1.23
Total		**43.93**	**100.00**	**43.93**	**100.00**

De igual forma, gráficamente se distribuyen así:



En la siguiente imagen se aprecia lo antes expuesto:

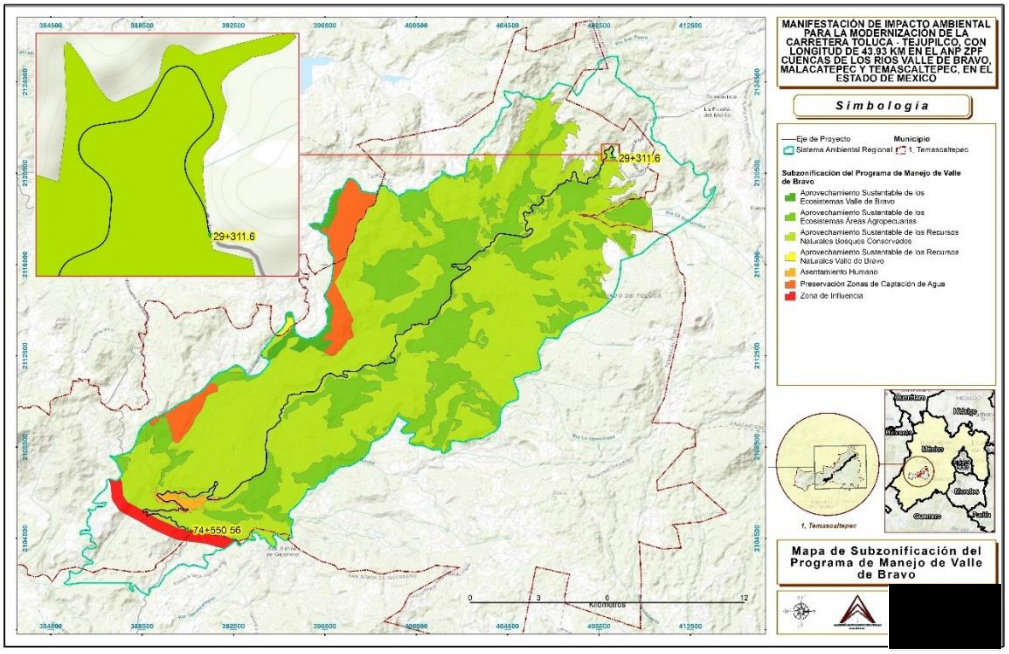


Imagen 6. Ubicación del tramo del proyecto en la Zona de Amortiguamiento del Área Natural Protegida Área de Protección de Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, México".

De lo anterior, en el Área de Protección de Recursos Naturales, las Actividades Permitidas y las Actividades No Permitidas establecidas en el Programa de Manejo para las subzonas involucradas son las siguientes:

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias (SASEAA).

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias	
Actividades Permitidas	**Actividades no permitidas**
1. Actividades agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles 2. Actividades culturales tradicionales 3. Agricultura orgánica sin ampliar la frontera agrícola 4. Aprovechamiento forestal no maderable 5. Carreras con vehículos motorizados tipo RAZR y motociclismo tipo enduro 6. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre 7. Colecta científica de recursos biológicos forestales 8. Construcción de infraestructura de apoyo a las actividades agropecuarias 9. Construcción de Infraestructura de apoyo a las actividades de investigación científica, educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental 10. Construcción, operación y utilización de infraestructura con fines habitacionales 11. Educación ambiental 12. Establecimiento de plantaciones forestales comerciales con especies nativas del Área Natural Protegida 13. Establecimiento de UMA con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento extractivo 14. Ganadería sustentable, estabulada y semi estabulada 15. Investigación científica y monitoreo ambiental 16. Mantenimiento de caminos ya existentes, siempre y cuando no se pavimenten ni se modifiquen sus dimensiones y características actuales 17. Mantenimiento de la infraestructura existente. 18. Obras de conservación de suelos y captación de agua que no modifiquen el paisaje original 19. Reconversión de uso agropecuario a forestal 20. Restauración de ecosistemas y reintroducción de especies nativas 21. Turismo de aventura 22. Turismo de bajo impacto ambiental	1. Acosar o dañar de cualquier forma a las especies silvestre 2. Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares o poblaciones nativas, salvo alguna modificación o alteración con fines de investigación científica 3. Ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural 4. Apertura de nuevas brechas o caminos 5. Aprovechamiento forestal maderable 6. Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar 7. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, salvo para colecta científica 8. Construir infraestructura pública o privada, salvo aquella de apoyo a las actividades de investigación científica, manejo de vida silvestre, operación del Área Natural Protegida, educación ambiental, turismo de bajo impacto ambiental y de apoyo para el desarrollo sustentable de las actividades agropecuarias 9. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial 10. Construir confinamientos de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas 11. Ganadería extensiva 12. Introducir ejemplares o poblaciones de especies exóticas a la región 13. Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza, que generen la suspensión de sedimentos, o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o zonas aledañas 14. Rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados (SASRNBC).

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados	
Actividades Permitidas	**Actividades no permitidas**
1. Actividades culturales tradicionales 2. Apertura de brechas de saca 3. Colecta científica de recursos biológicos forestales 4. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre 5. Construcción de Infraestructura de apoyo a las actividades de investigación científica, manejo de vida silvestre, operación del Área Natural Protegida, educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental 6. Educación ambiental 7. Encender fogatas 8. Establecimiento de UMA con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento extractivo 9. Filmaciones, actividades de fotografía o captura de imágenes o sonidos por cualquier medio 10. Investigación científica y monitoreo ambiental 11. Manejo forestal sustentable 12. Mantenimiento de brechas y caminos ya existentes, siempre y cuando no se pavimenten ni se modifiquen sus dimensiones y características actuales 13. Mantenimiento de infraestructura existente 14. Obras de conservación de suelos y captación de agua que no modifiquen el paisaje original 15. Turismo de bajo impacto ambiental 16. Turismo de aventura	1. Acosar o dañar de cualquier forma a las especies silvestres 2. Agricultura 3. Alterar o destruir los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de la vida silvestre 4. Apertura de nuevas brechas o caminos, salvo las brechas de saca 5. Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar 6. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, salvo para colecta científica 7. Construir confinamiento de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas 8. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial 9. Ganadería incluyendo el pastoreo 10. Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza, que generen la suspensión de sedimentos, o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o zonas aledañas 11. Realizar obras y/o actividades que pongan en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o de las poblaciones de especies silvestres que habiten el área, particularmente aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo 12. Rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos 13. Introducir ejemplares o poblaciones de especies exóticas a la región.

Subzona de Asentamientos Humanos (SAH).

Subzona de Asentamientos Humanos	
Actividades Permitidas	**Actividades no permitidas**
1. Agricultura orgánica y ganadería de traspatio. 2. Agroforestería 3. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre 4. Colecta científica de recursos biológicos forestales 5. Construcción de Infraestructura 6. Educación ambiental 7. Establecimiento de UMA con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento extractivo, mediante colecta y captura 8. Filmaciones, actividades de fotografía o captura de imágenes o sonidos por cualquier medio 9. Investigación científica y monitoreo del ambiente 10. Mantenimiento de brechas y caminos existentes 11. Mantenimiento de la infraestructura existente. 12. Turismo	1. Ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural 2. Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar 3. Construir confinamientos de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas 4. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial 5. Rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos

Derivado de lo anterior, se manifiesta:

El proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con las **Actividades Permitidas** antes descritas, toda vez que, los trabajos que se proponen son para la modernización de una vía general de comunicación existente de 43.93 kilómetros de longitud; de manera que:

- En la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias (SASEAA)** no se llevaran a cabo acciones o actividades: Agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles; Agricultura orgánica; Aprovechamiento forestal no maderable; Carreras con vehículos motorizados tipo RAZR y motociclismo tipo enduro; Construcción de infraestructura de apoyo a las actividades agropecuarias y de apoyo a las actividades de investigación científica, educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental; Construcción, operación y utilización de infraestructura con fines habitacionales; Establecimiento de plantaciones forestales comerciales con especies nativas del área natural protegida; Ganadería sustentable, estabulada y semi estabulada; Reconversión de uso agropecuario a forestal.
- En la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados (SASRNBC)** no se desarrollarán acciones o actividades de: Apertura de brechas de saca; Construcción de infraestructura de apoyo a las actividades de investigación científica, manejo de vida silvestre, operación del área natural

protegida, educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental; Encender fogatas; y Manejo forestal sustentable.

- En la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias** (**SASEAA**) y en la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados** (**SASRNBC**) no se realizarán acciones o actividades: Culturales tradicionales; Turismo de bajo impacto ambiental; y Turismo de aventura.
- En la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias** (**SASEAA**), en la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados** (**SASRNBC**) y en la **Subzona de Asentamientos Humanos** (**SAH**) no se ejecutaran acciones o actividades de: Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre y de recursos biológicos forestales; Educación ambiental; Establecimiento de UMA con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento extractivo; Investigación científica y monitoreo ambiental; y Mantenimiento de la infraestructura existente.
- En la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados** (**SASRNBC**) y en la **Subzona de Asentamientos Humanos** (**SAH**) no se desarrollarán las siguientes acciones o actividades: Filmaciones, actividades de fotografía o captura de imágenes o sonidos por cualquier medio.
- En la **Subzona de Asentamientos Humanos** (**SAH**) no se realizarán acciones o actividades de: Agricultura orgánica y ganadería de traspatio; Agroforestería; Construcción de infraestructura; y Turismo.

Sobre las **Actividades Permitidas**:

- "Restauración de ecosistemas y reintroducción de especies nativas" establecida en una (1) Subzona (**SASEAA**) y "Obras de conservación de suelos y captación de agua que no modifiquen el paisaje original", establecida en dos (2) Subzonas (**SASEAA** y **SASRNBC**) se manifiesta que para contribuir con el objetivo de estas actividades se realizaran diversas medidas de mitigación, como la siguiente:
  - Programa de reforestación con especies nativas, que incluye obras de conservación de suelos y siembra de especies nativas. A través de este programa se buscará compensar los impactos del cambio de uso de suelo, la pérdida de hábitat, la disminución de la comunidad de flora y la modificación de su población o muerte de individuos. También, se busca compensar los componentes hidrológicos y del suelo, en los cuales aumentará la pérdida, la compactación y el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la disminución de los servicios ecosistémicos.

Referente al criterio establecido en las tres (3) Subzonas de la Zona de Amortiguamiento como **Actividad Permitida**, misma que a la letra refiere:

- "Mantenimiento de caminos ya existentes, siempre y cuando no se pavimenten ni se modifiquen sus dimensiones y características actuales". **SAPEAA**.
- "Mantenimiento de brechas y caminos ya existentes, siempre y cuando no se pavimenten ni se modifiquen sus dimensiones y características actuales". **SASRNBC**.
- "Mantenimiento de brechas y caminos existentes". **SAH**.

Al respecto se manifiesta lo siguiente:

Por mantenimiento se entiende la realización de acciones y tareas necesarias destinadas a conservar algo en buenas condiciones, evitando su daño; en ese tenor, el significado o sentido del criterio o recomendación de referencia se traduce como la realización regular o frecuente de trabajos básicos o esenciales para conservar y/o mantener en buen estado, las brechas y caminos dentro del anp federal, evitando su deterioro o degradación, a través de acciones como el retiro de obstáculos (vegetación, escombros o cualquier elemento) que dificulte el tránsito; limpieza de drenajes y cunetas; reparación de baches menores, grietas, hundimientos y otros desperfectos en la superficie del camino; mantener la señalización vial en buen estado y realizar otras mejoras de seguridad.

Por su parte, la modernización se interpreta como actualización, mejora, transformación o modificación de algo a un estado nuevo, reciente o avanzado, buscando su optimización para mejorar su eficiencia y calidad. Al respecto, las obras y actividades que se proyectan son para mejorar y actualizar las características técnicas actuales y de operación en 43.93 km de longitud del tramo carretero Toluca-Tejupilco, a una nueva condición y estado físico, moderna y distinta a la actual, lo que implica, retirar la carpeta asfáltica, ampliar la corona existente y construir una nueva carretera de superior especificación o particularidad técnica, a fin de optimizar la conectividad, la eficiencia del transporte y la seguridad vial en la región. Trabajos de modernización que no se adaptan o encajan por completo con las acciones ya referidas, propias de un mantenimiento carretero.

Ahora bien, en relación a los caminos y carreteras, los efectos combinados de la carga del tráfico y el medio ambiente harán que cada pavimento o carpeta asfáltica, sin importar qué tan bien diseñado y construido esté, se deteriore con el paso del tiempo, de manera que, las acciones de mantenimiento son técnicas que se utilizan para restablecer el proceso de deterioro de las vialidades; después de construido un camino o carretera se aplican acciones de mantenimiento, que ayudan a disminuir la tasa de deterioro del pavimento, sin embargo, hay una vida útil límite de la carpeta asfáltica; una vez que se supera este periodo la fase siguiente es la modernización de la vialidad.

En el caso del presente proyecto, las obras y actividades que se proponen obedecen a una modernización, porque la vida útil del actual pavimento o carpeta asfáltica con una antigüedad superior a 30 años ha llegado a su fin, los procesos de mantenimiento como bacheo o reencarpetamiento, repintado y reparación de la señalética, limpieza de alcantarillas y de derrumbes, entre otros, son tratamientos que se han ejecutado para reparar porciones del pavimento existente pero que hoy en día ya no funcionan, se requieren trabajos mayores para restituir, mantener y conservar la capacidad estructural del pavimento y responder a los volúmenes de tránsito, cargas y dimensiones de los vehículos que transitan la vía, esto, produce congestionamiento vial y en algunas ocasiones las maniobras de rebase han provocado múltiples accidentes, por lo que la capacidad del camino ha sido superada y ya no es adecuada para la seguridad de los usuarios, lo que obliga a ejecutar la modernización del camino para lo cual se requiere ampliar la corona actual para alojar acotamientos externos, y permitir las maniobras de rebase de manera segura y eficiente.

La mejora y actualización de la carretera aliviará la congestión vehicular, se reducirán los tiempos de viaje, mejorará la accesibilidad a servicios y mejorará la movilidad de bienes y personas que utilicen esta vialidad y para los habitantes de la zona, se mejorará la conexión con centros urbanos, hospitales, escuelas, comercios y otros lugares de interés, facilitando el acceso

a servicios esenciales. También, mejorará la seguridad vial, protegiendo la vida y la integridad de los usuarios de la carretera, la modernización se realizará con estándares de seguridad modernos, incluyendo señalización adecuada, iluminación, carriles con las especificaciones técnicas adecuadas que permitan realizar una maniobra de rebase más segura y evitar así accidentes de esta naturaleza, conforme a la normativa de la SICT, para hacer más seguro y eficiente el traslado de bienes y personas en la zona.

Es así que, por las razones antes expuestas, se considera que lo dispuesto en la actividad o criterio en análisis, no es del todo aplicable al presente proyecto, toda vez que, no se ajusta totalmente a las obras y actividades que se proponen para la modernización del tramo carretero existente Toluca - Tejupilco de 43.93 km de longitud.

Ahora bien, referente a las **Actividades No Permitidas** establecidas en la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias (**SASEAA**), en la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados (**SASRNBC**) y en la Subzona de Asentamientos Humanos (**SAH**), a continuación, se presenta la vinculación del proyecto carretero con lo dispuesto en estos criterios o recomendaciones.

ACTIVIDADES NO PERMITIDAS **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS ÁREAS AGROPECUARIAS (SASEAA)**	
Apertura de nuevas brechas o caminos;	Las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo Toluca - Tejupilco, no requieren de la apertura de brechas o caminos. Los trabajos de modernización se llevarán a cabo dentro de la superficie total de la Línea de Ceros que se delimite para ello, misma que incluye la superficie de rodamiento de la carretera existente.
Aprovechamiento forestal maderable;	Las obras y actividades que se proyectan no tienen como fin u objetivo realizar acciones de aprovechamiento forestal maderable, por lo que, lo aquí dispuesto no es aplicable.
Construir infraestructura pública o privada, salvo aquella de apoyo a las actividades de investigación científica, manejo de vida silvestre, operación del área natural protegida, educación ambiental, turismo de bajo impacto ambiental y de apoyo para el desarrollo sustentable de las actividades agropecuarias;	En relación a lo aquí dispuesto se manifiesta: La fracción IX de la Regla Administrativa 3 del Programa de Manejo de esta área natural protegida federal refiere a la letra: "*Para los efectos de lo previsto en las presentes Reglas Administrativas se entenderá por*: *Infraestructura pública*: *Toda obra material, construcción o instalación necesaria para el desarrollo de una actividad económica o para que un lugar pueda ser habitado, incluyendo, en su caso, servicios básicos como la provisión de agua potable o electricidad, cuando sea financiada mediante recursos públicos o destinada a usos propios de la administración pública por autoridades de cualquiera de los tres órdenes de gobierno*." Ahora bien, una actividad económica es cualquier tipo de actividad en la cual se producen o se intercambian bienes y servicios por dinero u otros bienes o servicios, con el objetivo

	de satisfacer las necesidades de una población, a través de una unidad económica (lugar o entidad) donde se realiza la actividad económica y esta puede ser: una fábrica, un despacho, un banco, una casa de cambio, escuelas, hospitales, talleres, industria, minería, comercio, agricultura, ganadería, pesca, etc. Así también, analizando el concepto de "infraestructura pública" se interpreta que la esencia o espíritu del Programa de Manejo al establecer esta definición es el de no permitir o consentir que en las subzonas de aprovechamiento sustentable (zona de amortiguamiento) donde se establece esta Actividad No Permitida se construya infraestructura y/o equipamiento para el desarrollo o funcionamiento urbano, o que propicie el establecimiento de nuevos asentamientos humanos. En ese contexto, la realización del proyecto no contradice la Actividad No Permitida aquí descrita, toda vez que, las obras y actividades que se proponen son para modernizar (mejorar y ampliar) la carretera existente que será realizada con recursos de la Federación, por lo que, en términos del Art. 2 fracción I Inciso c) de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal los 43.93 km de longitud a modernizar de la Carretera Toluca-Tejupilco se constituye una vía general de comunicación que tiene como objetivo o finalidad conectar lugares, ofrecer seguridad en la circulación de vehículos y personas, y minimizar el riesgo de accidentes al contar con una carretera con mejores especificaciones técnicas que mejorara la movilidad de los usuarios; en consecuencia, como la construcción del proyecto carretero no tiene como fin u objetivo alentar o inducir el desarrollo de una actividad económica como la industria, el comercio, la agricultura, etc., o el establecimiento de viviendas habitables o asentamientos humanos con infraestructura y/o equipamiento y servicios urbanos como energía eléctrica, drenaje y red de agua potable, etc., los trabajos de modernización que se proyectan para esta vía general de comunicación no guardan relación alguna con el concepto "infraestructura pública" que refiere la fracción IX de la Regla Administrativa 3 del Programa de Manejo de esta ANP federal.
Ganadería extensiva;	Las actividades relacionadas con la ganadería extensiva, no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.

ACTIVIDADES NO PERMITIDAS SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES BOSQUES CONSERVADOS (SASRNBC)	
Agricultura;	Las actividades relacionadas con la agricultura, no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.
Apertura de nuevas brechas o caminos, salvo las brechas de saca;	Las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo Toluca - Tejupilco, no requieren de la apertura de brechas o caminos. Los trabajos de modernización se llevarán a cabo dentro de la superficie total que se delimite para ello, lo cual incluye la superficie de rodamiento de la carretera existente y el derecho de vía.
Ganadería incluyendo el pastoreo;	Las actividades relacionadas con la ganadería que incluye el pastoreo no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.
Realizar obras y/o actividades que pongan en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o de las poblaciones de especies silvestres que habiten el área, particularmente aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo.	Las especies que resultarán afectadas se encuentran bien representadas tanto en el SAR delimitado para el proyecto, como en la poligonal del APRN; ello se debe a que la flora de alta montaña es resultado de diferentes tiempos y espacios de origen, mecanismos de dispersión y de sus propias adaptaciones paleoecológicas, así como, por las condiciones físicas sumamente restrictivas, todo esto da como resultado que tengan una riqueza relativamente baja en comparación a otros tipos de vegetación más termófilos. Por lo que en dicho contexto, en el SAR, la riqueza de especies leñosas se restringe a algunas especies que fungen como taxones que se presentan de manera abundante y dominante, que constituyen bosques en algunos casos monoespecíficos, y que si bien se encuentran representados en las comunidades que se distribuyen en la superficie de CUSTF, y por ende, se efectuará la remoción de individuos, se puede establecer que esta remoción no comprometerá las poblaciones, no pondrá en riesgo la diversidad de flora, ni la dinámica natural de los ecosistemas. Asimismo, cabe destacar que el proyecto contempla la remoción de vegetación forestal en una superficie de 76.34 hectáreas de las cuales 26.60 ha son de bosque de pino y 49.75 ha de bosque de pino-encino. A dicho respecto, en la poligonal del área natural protegida, el tipo de vegetación

	que más superficie abarca es el bosque de pino-encino, el cual abarca una superficie de 40,685.16 ha que representan un 23.53% de la superficie del ANP. El segundo tipo de vegetación más común es el bosque de pino, cubre una superficie de 3,022.46 ha, que representan el 17.48% de la superficie total de APRN. De acuerdo a ello, la superficie de afectación determinada para la línea de ceros del proyecto representaría el 0.8 % del bosque de pino del ANP, y el 0.1 % de la vegetación de bosque de pino-encino. Finalmente, de las 188 especies registradas, únicamente 2 se encuentran bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, éstas son *Hesperocyparis lusitanica* y *Comarostaphylis discolor.* *H. lusitanica* a pesar de ser nativa del Valle de México, es ampliamente cultivada en la zona templada para reforestaciones y como ornamental. En el SAR esta especie es comúnmente usada como delimitante de predios o cercos vivos, así como en bosques reforestados en los que a través de los años se han intercalado individuos de esta especie en comunidades que se encontraban muy perturbadas, sin embargo, su introducción ha causado impactos negativos, principalmente por el desplazamiento de especies nativas, por lo que la remoción de individuos de esta especie no constituye un riesgo para sus poblaciones naturales, siendo que en la zona donde se ubica el proyecto su presencia se deriva de su introducción. En lo que respecta a *C. discolor*, esta especie se registró únicamente en el bosque de pino-encino, y en una densidad baja en la superficie de afectación (13 individuos por hectárea), por lo que la afectación a individuos de esta especie será reducida, además de que se contempla como prioritaria la realización tanto de acciones de rescate de flora, como del programa de reforestación, con lo cual será propagada, y por ende sus poblaciones serán incluso beneficiadas.

ACTIVIDADES NO PERMITIDAS **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS ÁREAS AGROPECUARIAS (SASEAA), Y** **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES BOSQUES CONSERVADOS (SASRNBC)**	
Acosar o dañar de cualquier forma a las especies de vida silvestre;	Las obras y actividades que se proponen no tienen como fin acosar o dañar a las especies de vida silvestre que se encuentren en la zona del proyecto; de igual forma, no

Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares o poblaciones nativas, salvo alguna modificación o alteración con fines de investigación científica;	pretende alterar o destruir los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares o poblaciones nativas que se encuentren en la zona del proyecto. Para prevenir y reducir estas acciones, se implementarán diversas medidas de mitigación, como las siguientes: • Platicas de concientización ambiental. • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre. • Programa de rescate, reubicación y ahuyentamiento de fauna silvestre. • Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*). • Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna. • Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros.
Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, salvo para colecta científica;	Para evitar que el personal de la obra incurra en este tipo de prácticas, se implementarán pláticas de concientización, educación y capacitación en temas de conservación, respeto por el medio ambiente, cuidado y protección de especies para todo el personal que labore en la obra. Entre la temática contemplada se encuentra la Importancia de las especies de flora y fauna en el medio silvestre y la Legislación y Normatividad Ambiental Mexicana en temas de protección a las especies silvestres, así como penalizaciones en caso de realizar extracciones o cazas ilegales. Quedará prohibido a los trabajadores de la obra incurrir en este tipo de práctica. Finalmente, tanto la supervisión ambiental encargada de la obra, el personal responsable de medio ambiente por parte de la constructora, el superintendente de obra responsable de la ejecución de los programas ambientales y el comité de vigilancia ambiental, deberán hacer visitas e inspecciones continuas en los frentes de trabajo, para asegurarse de que el personal no incurra en dichas prácticas.
Introducir ejemplares o poblaciones de especies exóticas a la región;	El proyecto de modernización carretera que se propone no refiere la realización de acciones relacionadas con la introducción de ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre. Para evitar la introducción directa o incidental de este tipo de especies, las acciones de reforestación se efectuarán con especies nativas de la región. Aunado a lo anterior, quedará prohibido a los trabajadores de la obra introducir al área del proyecto especies exóticas, además, tanto la supervisión ambiental encargada de la obra, el personal responsable de medio ambiente por parte de la constructora, el superintendente de obra responsable de la ejecución de los programas ambientales y el comité de vigilancia ambiental, deberán hacer visitas e inspecciones continuas en los frentes de trabajo, para asegurarse de que el personal no incurra en dichas prácticas.

Realizar actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza, que generen la suspensión de sedimentos, o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o zonas aledañas;	Las actividades de dragado o cualquier otra relacionada con la suspensión de sedimentos, o que provoquen áreas con aguas fangosas o limosas no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero existente Toluca - Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.

ACTIVIDADES NO PERMITIDAS **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS ÁREAS AGROPECUARIAS (SASEAA),** **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES BOSQUES CONSERVADOS (SASRNBC), Y** **SUBZONA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS (SAH)**	
Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar;	La realización de las obras y actividades que forman parte del presente proyecto de modernización del tramo carretero Toluca – Tejupilco originará diferentes tipos de residuos; por lo que, para un adecuado manejo, control y disposición de estos, se realizarán diversas medidas de mitigación, como las siguientes: • Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos. • Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial. • No instalar obras provisionales de ningún tipo cerca de cuerpos de agua. • Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de los cuerpos de agua. • Pláticas de concientización ambiental. • Limitar la actividad a la línea de ceros. • Colocación de señalética prohibitiva. • Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).
Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial;	El proyecto de modernización que se propone no involucra obras y actividades relacionadas con la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial dentro del ANP federal. Para este tipo de residuos el proyecto implementará la realización de diversas medidas de mitigación para contribuir con un adecuado manejo,

	control y disposición final de los residuos que se originen con la ejecución del proyecto.
Construir confinamientos de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas;	Los trabajos de modernización que se proyectan no refieren obras y actividades relacionadas con la construcción de confinamientos de residuos y de materiales y sustancias peligrosas, por lo que su realización no contradice lo aquí dispuesto
Rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos.	Las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, no tiene como fin u objetivo: rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de ríos, arroyos, corrientes o manantiales, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.

ACTIVIDADES NO PERMITIDAS **SUBZONA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS ÁREAS AGROPECUARIAS (SASEAA), Y** **SUBZONA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS (SAH)**	
Ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural;	Las obras y actividades que se proyectan para la modernización de las especificaciones técnicas actuales del tramo carretero Toluca–Tejupilco, no guardan relación alguna con el desarrollo de actividades agropecuarias, en ese contexto, la realización del proyecto carretero no contradice lo aquí dispuesto.

REGLAS ADMINISTRATIVAS

CAPÍTULO II. DE LOS PERMISOS, AUTORIZACIONES, CONCESIONES Y AVISOS

REGLA 12. Se requerirá de autorización por parte de la SEMARNAT a través de sus distintas unidades administrativas en términos de las disposiciones legales aplicables, para la realización de las siguientes actividades:

VIII. Obras y actividades que requieren el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, en todas sus modalidades.

Al respecto:

Las obras y actividades que se proyectan para la modernización de esta vía general de comunicación se encuentran enlistadas en el Artículo 28 fracciones I, VII, X y XI de la Ley (LGEEPA) y en el Artículo 5 incisos B), O), R) y S) del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) entre las que requieren previamente de autorización por parte de la autoridad ambiental.

Por lo que, en cumplimiento a las disposiciones contenidas en el Decreto y en el Programa de Manejo del Área de Protección de Recursos Naturales "Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México", así como, por lo dispuesto en la normatividad aplicable en materia ambiental, se presenta ante la DGIRA, Unidad Administrativa de la SEMARNAT, la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) del presente proyecto carretero, en el cual se describen con detenimiento las obras y actividades que se pretenden realizar en la Zona de Amortiguamiento de esta área natural protegida federal, a fin de obtener la autorización ambiental respectiva.

CAPÍTULO VII. DE LOS USOS Y APROVECHAMIENTOS

REGLA 74. La remoción, trasplante, poda o cualquier acción de manejo forestal sustentable que se efectué dentro del APRN Valle de Bravo se realizara de tal manera que no propicien la sustitución, modificación o desaparición de las semillas y órganos de la vegetación forestal nativa. Asimismo, deberá preservar las zonas de anidación, reproducción, refugio y alimentación de las especies nativas.

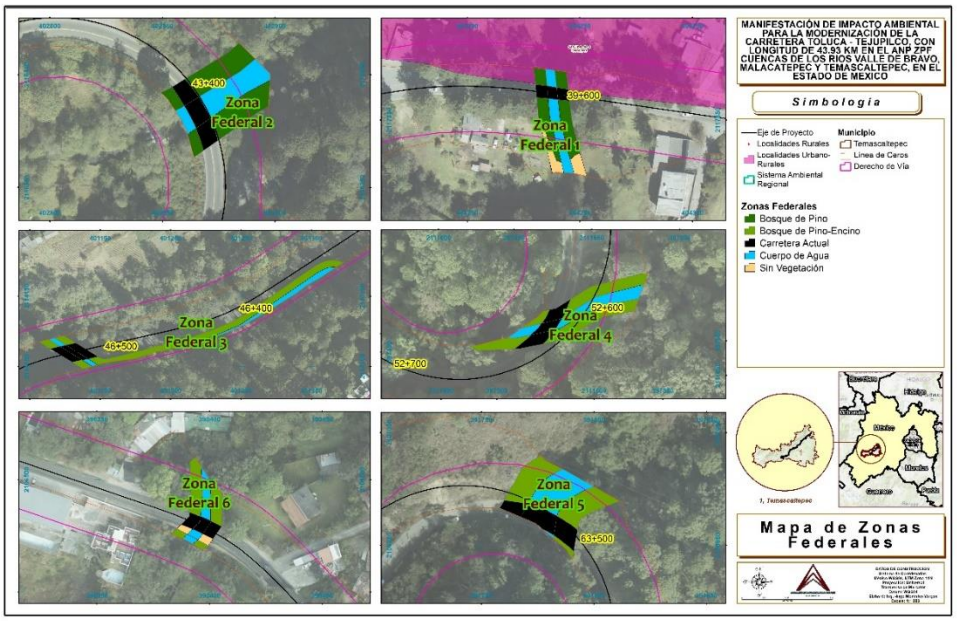
Al respecto:

Conforme aquí se indica, la remoción forestal está condicionada a la implementación y realización de medidas y/o acciones para la conservación de los sitios de reproducción, refugio y alimentación de especies nativas; en este sentido, a efecto de contrarrestar la perdida de vegetación forestal en el área del proyecto, como medida compensatoria se efectuará un **programa de reforestación** con especies nativas para contribuir con la preservación de especies nativas de la zona, de igual forma, se realizará un **programa de rescate, reubicación y ahuyentamiento de fauna silvestre**.

REGLA 76. Durante la realización de actividades dentro del APRN Valle de Bravo se deberán preservar las franjas de vegetación existente en la Ribera o Zona Federal. Las franjas protectoras de vegetación ribereña deberán tener como mínimo 20 metros contados a partir de las orillas de los cauces y otros cuerpos de agua permanentes. Para los cauces y cuerpos de agua temporales será mínimo de 10 metros.

Al respecto, se manifiesta que:

De acuerdo a la visita de campo realizada en la zona del proyecto se advierte que el tramo carretero existente Toluca – Tejupilco de 43.93 kilómetros de longitud pasa sobre diversos escurrimientos naturales perennes e intermitentes, de igual forma, se identificó que seis (6) de estas corrientes superficiales cuentan con Zona Federal, como se aprecia en la siguiente imagen.



Por lo que, para contribuir con lo dispuesto en esta Regla Administrativa se realizarán acciones de "**revegetación de márgenes de cauces**", el cual consiste en la plantación de especies forestales que tienen la capacidad de desarrollarse en sitios húmedos con la finalidad de restaurar el suelo de los márgenes de los cauces y con ello, aumentar la retención de humedad, reducir la erosión laminar y el desprendimiento de partículas de suelo que por gravedad contribuyan al azolve de los cauces; medida reductiva que promoverá la conservación de la vegetación riparia. Así también, se propone realizar un "**enriquecimiento forestal en la totalidad de los cauces**" donde se construirán obras de drenaje con especies herbáceas sembradas por medio de semilla al boleo o bien, mediante el trasplante de esquejes o rizomas.

CAPÍTULO IX. DEL DESARROLLO Y LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA

REGLA 83. Durante el desarrollo de las actividades y obras relacionadas con la construcción de infraestructura destinada a la investigación científica, el monitoreo ambiental, la operación del Área de Protección de Recursos Naturales, el turismo de bajo impacto ambiental, el apoyo a las actividades productivas, y cualquier otra permitida en las subzonas correspondientes, deberán observar las siguientes disposiciones:

I. Deberá respetar el paisaje y entorno natural, evitando la fragmentación de los ecosistemas y la interrupción de los corredores biológicos, incluyendo los sitios de anidación, reproducción, refugio y alimentación de las especies nativas.

Al respecto se manifiesta lo siguiente:

El ecosistema a intervenir se encuentra dividido desde la apertura y construcción, años atrás, de la carretera Toluca-Tejupilco, así también, en los últimos años el área natural protegida ha sufrido de disminución de cobertura vegetal por diversas causas antropogénicas, por lo que, la reducción de flora que será generada por el proyecto se suma al total de áreas que han sido desprovistas de vegetación a través del tiempo por el

cambio de uso de suelo para la apertura de áreas agropecuarias, la tala inmoderada, los incendios, y los nuevos asentamientos humanos.

Es por ello que, el proyecto contempla la **reforestación de 305.3 hectáreas**, empleando para ellos especies nativas, buscando compensar la pérdida de las 76.34 hectáreas de CUSTF, promoviendo con ello la recuperación de cobertura vegetal, incrementando el nivel de la calidad ambiental actual y fomentando la recuperación de servicios ambientales que conllevan múltiples beneficios para las localidades cercanas. Asimismo, entre otras medidas, se plantea la **constitución de brigadas para realizar podas fitosanitarias en una superficie de 76.34 hectáreas** con lo que se busca contribuir en atacar uno de los mayores problemas (plagas forestales) que el área de protección de recursos naturales sufre en la actualidad, y **la implementación de brechas cortafuegos** en sitios estratégicos a los costados de la carretera, con lo cual se espera reducir el impacto ambiental correspondiente a los incendios forestales, el cual es también un problema actual.

Con las medidas de mitigación que se realizarán, se busca contribuir con la conservación ambiental de la región donde se ubica la carretera existente, ya que si bien, la división existente en el ecosistema aumentará, el proyecto pretende compensarlo al realizar acciones para incrementar el nivel de conservación, tanto en la calidad actual, como posterior a las obras y actividades que se plantean; aunado a lo anterior, el proyecto estará limitado a ocupar la superficie total de la línea de ceros que se solicite para la correcta ejecución de los trabajos de modernización propuestos, a fin de contribuir a evitar una mayor fragmentación en el ecosistema a intervenir.

II. Deberá evitarse la remoción de la vegetación de los diferentes estratos y la realización de podas, por lo cual la construcción de infraestructura deberá realizarse siempre preferentemente en las áreas desprovistas de vegetación.

Al respecto:

El proyecto se desarrollará dentro del derecho de vía de la carretera Toluca-Tejupilco, específicamente dentro de la línea de ceros que se delimite para ello. En el desarrollo de las actividades de remoción de vegetación forestal necesarias para la modernización de esta vía general de comunicación existente, **quedará prohibido intervenir en áreas no autorizadas** para el desarrollo de los trabajos propuestos, limitándose a la superficie solicitada para la correcta ejecución de la obra carretera.

III. Utilizar exclusivamente los caminos existentes, sin abrir nuevas brechas o rutas para el transporte de materiales o el tránsito de personas o vehículos.

Al respecto:

Para la realización del proyecto no se requiere de abrir nuevas brechas o rutas para transportar el material de construcción o para el movimiento de personas o el tránsito de los vehículos que serán utilizados durante la ejecución del proyecto; así también, los trabajos de modernización que se proyectan se realizaran ocupando la superficie total de la Línea de Ceros que se solicite para ello.

IV. Deberán evitar la desecación, el dragado, alterar o rellenar los cuerpos de agua temporales y permanentes, así como obstaculizar, desviar, e interrumpir los cauces y las corrientes de agua permanentes o intermitentes.

Al respecto:

Para la realización de los trabajos de modernización no se requiere desecar, dragar, alterar o rellenar algún cuerpo de agua existente en la zona del proyecto; así también, para evitar obstaculizar, desviar o interrumpir cauces y el fluir de las corrientes de agua perennes o intermitentes que se identifiquen a lo largo del tramo carretero, se construirán y modernizarán las obras de drenaje de la carretera, de igual forma, se realizarán las siguientes acciones:

- Delimitación de áreas de trabajo.
- Trabajo en temporada de estiaje.
- No instalar obras provisionales o realizar actividades cerca de cuerpos de agua que no estén relacionados con obras de drenaje.
- Instalación de barreras de sedimentos.
- Colocación de filtros de grava y piedra.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.

V. A fin de evitar la erosión de los suelos, la construcción de infraestructura se realizará preferentemente en terrenos con pendientes menores a 25 grados. Asimismo, no se deberán alterar las condiciones topográficas de los terrenos, debiendo evitarse los cortes a las pendientes y los rellenos a las barrancas.

VI. Deberá evitarse la construcción de infraestructura en zonas de riesgo, consideradas como el espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca daño, originado por un fenómeno perturbador, tales como fallas geológicas, laderas con pendientes mayores del 25 por ciento o suelos inestables, y cauces de los ríos y sus zonas adyacentes.

Al respecto:

Los terrenos donde se ubica la carretera existente no cumplen con las recomendaciones aquí descrita. El actual tramo Toluca-Tejupilco transcurre entre laderas con pendientes pronunciadas y cortes de gran altura, con presencia de curvas cerradas, y donde serán necesarios los rellenos en barrancas sólo en algunas áreas puntuales para cumplir con la pendiente y curvatura de una carretera tipo A2, además, en el área donde se ubica el proyecto la estructura de los suelos en general presenta inestabilidad que combinada con la deforestación, los cambios de uso de suelo, el sobrepastoreo, las fuertes pendientes y las lluvias torrenciales generan procesos de erosión, permitiendo el desarrollo de extensos sistemas de cárcavas, así como de procesos subsuperficiales de hundimiento del suelo. Por lo que, con la finalidad de disminuir estos procesos, mismos que pudieran verse incrementados por el proyecto, reducir las afectaciones al componente suelo y compensar la disminución de la superficie de infiltración en la región, se realizarán las siguientes acciones:

- Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros.
- Instalación de barreras de sedimentos.
- Estabilización de taludes.
- Revegetación de márgenes de cauces.
- Programa de reforestación con especies nativas.

Medidas que se describen con amplitud en el capítulo VI de la MIA-R del proyecto.

VII. Los materiales empleados para las obras y acciones de construcción de infraestructura deberán preservar o reestablecer la permeabilidad del suelo y no alterar los flujos hidrológicos, así como utilizarse aquellos que representen una mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

Al respecto:

Los trabajos que forman parte de la modernización carretera se ejecutarán conforme a las especificaciones técnicas proporcionadas y las normas AASHTO Estándar, SICT y normativas aplicables. Así también, para no alterar los flujos hidrológicos y garantizar el escurrimiento superficial, se construirán y modernizarán las obras de drenaje existentes, también, se construirán cunetas, bordillos y bajantes para permitir el adecuado desalojo de aguas pluviales hacia las alcantarillas o partes bajas del terreno.

VIII. Deberán promover el uso de tecnologías para la autosuficiencia y eficiencia energética, como la captación de agua de lluvia y fuentes alternativas de energía (solar, eólica entre otras).

Al respecto:

Lo dispuesto en este criterio o recomendación ecológica no es aplicable a las obras y actividades que se proyectan para la modernización de una carretera existentes.

IX. Durante la construcción, operación y utilización de la infraestructura deberá evitarse en todo momento depositar residuos de cualquier tipo en los cuerpos de agua en el APRN Valle de Bravo.

Al respecto:

Quedará prohibido depositar residuos de cualquier tipo en los cuerpos de agua existentes en la zona del proyecto. También, se realizarán las siguientes acciones: Se limitarán las actividades a la línea de ceros; Pláticas de concientización ambiental; Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos; Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial; y Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de los cuerpos de agua.

X. La disposición final de los residuos generados como consecuencia de la construcción, la operación y la utilización de la infraestructura deberá llevarse a cabo en los sitios designados para tal fin por las autoridades competentes, preferentemente fuera del área natural protegida.

Al respecto:

El presente proyecto propone la realización de diversas medidas para los diferentes tipos de residuos que se generen, como las siguientes:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos
- Los residuos sólidos urbanos deberán ser recolectados por una empresa autorizada o en su caso se deberán entregar al servicio de recolección municipal;
- Se deberá contar autorización para poder depositar los residuos sólidos urbanos generados en el relleno sanitario municipal;
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y de manejo especial;
- Se realizará el transporte de residuos de manejo especial a sitios autorizados, en el caso de restos de excavaciones o cortes que no sean aprovechados, será en bancos de tiro que cuenten con el permiso vigente correspondiente.
- Se realizará la contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para realizar el transporte de residuos peligrosos hasta el sitio de confinamiento final, mismo que también deberá contar con autorización vigente de su funcionalidad.

XI. Las aguas residuales generadas durante la construcción, operación y la utilización de la infraestructura deberán someterse a un tratamiento adecuado en términos de la normatividad aplicable antes de ser descargadas a los cuerpos de agua del Área de Protección de Recursos Naturales.

Al respecto:

El proyecto no pretende descargar aguas residuales en los cuerpos de agua existentes en el APRN. Para los residuos líquidos orgánicos que se generen por las necesidades fisiológicas de los trabajadores, se realizará la contratación de una empresa de servicios de sanitarios portátiles, la cual será encargada del mantenimiento y protocolos de limpieza durante toda la ejecución de la obra. Es importante que se lleve de manera estricta para evitar la contaminación del ecosistema por residuos sanitarios ocasionada por los trabajadores. Se realizará el retiro y limpieza de sanitarios portátiles por parte de la empresa contratista al menos una vez a la semana y desinfección diaria.

CAPÍTULO XI. DE LAS PROHIBICIONES

REGLA 88. Dentro de la Zona de Amortiguamiento del Nevado de Toluca queda prohibido:

I. Abrir y/o explotar bancos de material y extraer materiales para construcción, como arena, grava, tepojal, entre otros;

Al respecto:

El proyecto no refiere obras y actividades para la apertura y extracción de bancos de materiales de construcción. La presente MIA-R corresponde a la evaluación de los impactos ambientales producidos por la modernización de una vía general de comunicación existente. La empresa contratista de la obra se encargará de cerciorarse que los bancos a utilizar cuenten con las autorizaciones correspondientes para el

aprovechamiento de materiales, por lo que, en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional, no se incluyen como obras asociadas los bancos de materiales ni la actividad de aprovechamiento de materiales pétreos.

II. Acosar o dañar de cualquier forma a las especies silvestres;

Al respecto:

Las obras y actividades que se proponen no tienen como fin acosar o dañar a las especies de vida silvestre que se encuentren en la zona del proyecto. A fin de no incurrir en las acciones aquí descritas, el proyecto realizará diversas medidas ambientales para las especies de vida silvestre de la zona del proyecto, entre las que se encuentran:

- Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre.
- Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de Fauna Silvestre.
- Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*).
- Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna.
- Programa de Reforestación.
- Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros.
- Acciones de Saneamiento Forestal.

III. Cambiar el uso del suelo, incluyendo ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural;

Al respecto:

Desde el año 2018, el Gobierno del Estado de México desarrolló el proyecto APP: "Rehabilitación y conservación de una red carretera libre de peaje con una longitud de 1,637.8 km con residencia en Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Toluca" (Gobierno de México, 2018), mediante el cual se detectó que la red de caminos del Estado presenta deficiencias en su estado de conservación, ya que la infraestructura tiene una antigüedad superior a 30 años, por lo que se requieren trabajos mayores para restituir, mantener y conservar la capacidad estructural del pavimento y responder a los volúmenes de tránsito, cargas y dimensiones de los vehículos que transitan la vía.

Por otro lado, la zona sur del Estado de México presenta un mayor atraso económico, constituyendo la región menos desarrollada del Estado y la que concentra los índices de pobreza más altos, por lo que se requieren programas públicos tendentes a generar un mayor desarrollo de la región. Por esta razón, se planteó la focalización de esfuerzos para la mejora de la red libre en la zona sur del Estado, con el objeto de inducir mejoras en las condiciones socioeconómicas de la zona, apoyándose en una infraestructura de mayor calidad, que permita la reducción del desequilibrio económico con el resto del Estado.

De esta manera, la red objeto de intervención que se propuso, está compuesta por 82 caminos que suman en total 1,637.8 Km correspondientes a Toluca, Ixtapan y Tejupilco. De estos caminos, entre los "Corredores principales" se detectó el tramo Toluca - Cd. Altamirano, al cual pertenece el subtramo de la carretera Toluca – Tejupilco con una longitud de 43.93 kilómetros, comprendidos entre los kilómetros 29+311.6 al 74+550.56.

Derivado de lo anterior, nace la propuesta del presente proyecto por parte de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), la cual tiene entre sus atribuciones el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país, siendo una de sus prioridades la modernización del subtramo carretero Toluca - Tejupilco.

El proyecto consiste en la modernización de una carretera existente que actualmente presenta características de tipo C, es decir, presenta 2 carriles con un ancho de calzada de 7 metros. A través del proyecto se modernizará a una carretera tipo A2, lo que significa que se reducirá el grado de curvatura, se disminuirá la pendiente gobernadora, se ampliará el ancho de calzada a 13 metros y el número de carriles serán dos, cada uno de 3.5 metros; además se construirán dos acotamientos en los extremos, cada uno de 3 metros.

Trabajos de modernización que, previo a su ejecución, requieren del desarrollo de actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal, CUSTF; al respecto, se manifiesta que la remoción de vegetación forestal no es la meta principal, sino una consecuencia y modo para lograr la eficacia y el objetivo del proyecto carretero, por lo que, su realización es necesaria e imprescindible, toda vez que, sin su ejecución los trabajos planteados para la modernización carretera no pueden llevarse a cabo y, en consecuencia, la zona sur del estado de México seguirá siendo la región menos desarrollada, con mayor atraso económico y con índices de pobreza alta, es decir, el desequilibrio económico de la zona sur con el resto del Estado seguirá prevaleciendo.

Con la modernización carretera se mejorará la conectividad entre los municipios de Toluca y Tejupilco y a nivel regional entre los Estados de México y Guerrero; se impulsará el desarrollo regional a nivel económico y social; se disminuirán tiempos de traslado de bienes y personas; se tendrá una vía de comunicación más segura a través de la mejora de las características geométricas de la carretera; se mejorará el drenaje natural que atraviesa la carretera existente, a través de la modernización de obras hidráulicas; y se mantendrá el equilibrio ecológico del ambiente, a través de la ejecución de medidas de mitigación propuestas en el presente documento.

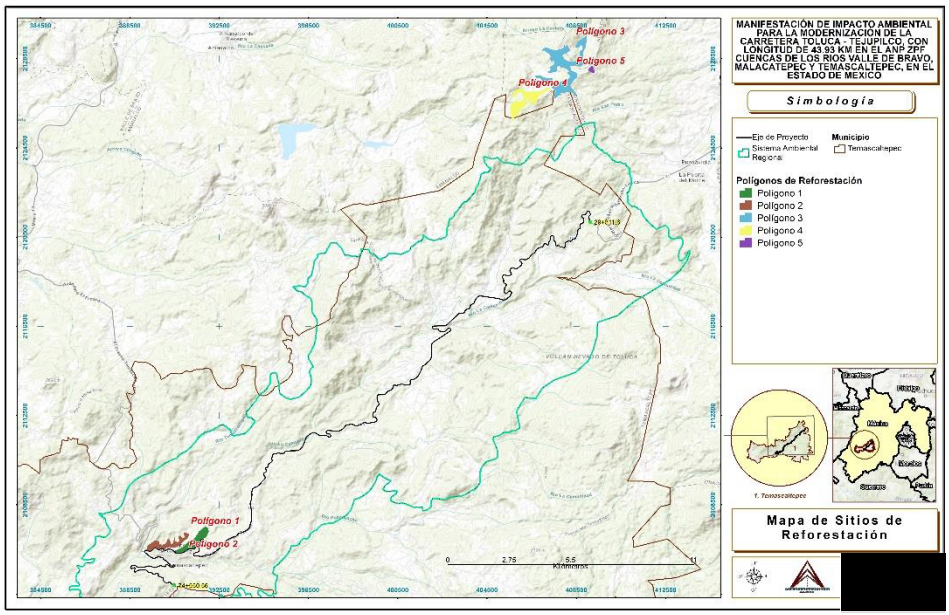
En suma, la ejecución de las actividades de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, es un requisito absolutamente indispensable e ineludible para poder llevar a cabo la modernización de la carretera y atender la necesidad de desarrollo que existe en la zona. La ampliación de esta vialidad traerá a la región mejora de movilidad y accesibilidad, seguridad vial y reducción de tiempos de traslado y de costos de transporte.

Así también, por la eliminación permanente de cobertura forestal dentro de las subzonas de amortiguamiento del APRN, y demás impactos ambientales que ocasionarán los trabajos de modernización carretera, se realizarán diversas medidas de prevención, remediación, reducción y compensación para la conservación y protección de los servicios ambientales y de los ecosistemas del área protegida federal “Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, México”. Medidas de mitigación que se implementaron considerando el nivel de área de protección que presenta el APRN, y a fin de evitar poner en riesgo la biodiversidad que presenta el medio ambiente del área del proyecto.

Los beneficios ambientales que traerá la ejecución de las medidas de mitigación será el de proteger y preservar los servicios ecosistémicos que ofrece el medio ambiente del área de protección de recursos naturales como: captura de carbono, provisión de agua, conservación de biodiversidad, protección y la recuperación de suelos, al reducir el impacto ambiental y asegurar el uso sostenible de los recursos naturales, además, ayudarán a integrar ambientalmente el proyecto; se compensarán las afectaciones ambientales del proyecto, se contribuirá a la conservación de los ecosistemas y se incrementará el nivel de calidad y de protección de los servicios ambientales que finalmente benefician de manera importante y significativa a las poblaciones cercanas al proyecto.

Ahora bien, por la ejecución de las actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal, se realizarán las siguientes medidas:

- **Programa de reforestación** con especies nativas en una superficie de **381.74 hectáreas**, en una proporción 5 a 1. A través de este programa se buscará compensar los impactos del cambio de uso de suelo, la pérdida de hábitat, la disminución de la comunidad de flora y la modificación de su población o muerte de individuos. También, se busca compensar los componentes hidrológicos y del suelo, en los cuales se aumentará la pérdida de suelo, la compactación del suelo, el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como la disminución de los servicios ecosistémicos. Los polígonos que se proponen para llevar a cabo la reforestación se muestran en la siguiente imagen.



- **Revegetación de márgenes de cauces,** para restaurar el suelo de los bordes de los cauces y, con ello, aumentar la retención de humedad, reducir la erosión laminar y el desprendimiento de partículas de suelo que por gravedad contribuyan al azolve de los cauces. Los sitios para revegetación serán seleccionados de acuerdo a las necesidades de los cauces.

- **Acciones de saneamiento forestal** en una superficie de **76.34 hectáreas**, en sitios donde la Dirección del área protegida federal tenga conocimiento de dicho problema, y en donde determine la importancia de efectuar dichas prácticas con la finalidad de promover la conservación de los bosques del "APRN Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México" que actualmente se encuentran afectados por la presencia de descortezadores que generan muerte de arbolado y afectación al ecosistema, y reducir la gran problemática que sufre la vegetación del APRN referente a plagas forestales.
- **Implementación de brechas cortafuegos,** en zonas susceptibles y estratégicas del derecho de vía. Las brechas cortafuegos se implementarán **del cadenamiento 47+000 al 49+600**, **del 52+400 al 57+000**, y finalmente **del 71+500 al 74+550**, siendo que corresponden a los fragmentos de bosque que presentan mayor cobertura y continuidad; sin embargo, el promovente en conjunto con la supervisión ambiental y el responsable de la ejecución de los programas ambientales determinarán la factibilidad de su implementación **en el derecho de vía**, considerando su necesidad de acuerdo a la pendiente y topografía existente en ambos costados de la carretera. Se deberán entregar reportes semestrales de las acciones de protección, rehabilitación y apertura de las brechas cortafuegos durante cinco (5) años posteriores al término de la construcción del proyecto.

De lo anterior, se refiere que si bien es cierto que, las actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal afectarán cobertura forestal, también lo es que, el impacto de estas acciones será compensada mediante la restauración de una superficie total de **381.74 hectáreas**, en las que se promoverá la conservación de la biodiversidad, la recuperación de la cobertura vegetal y el cuidado de los ecosistemas del APRN, maximizando con ello los beneficios ambientales con respecto a la afectación propiciada por el cambio de uso de suelo en terreno forestal; aunado a ello, a través del mantenimiento de la plantación durante cinco (5) años, se verificará que los individuos sembrados se encuentren bien establecidos, asegurándose que, a mediano y largo plazo, conformen una comunidad vegetal en la que se logre el restablecimiento de la estructura, la productividad y la diversidad de las especies originalmente presentes en el bosque; destacando que los beneficios ambientales que se obtendrán con la realización de las medidas propuestas, en compensación por la disminución de cobertura vegetal en el APRN, serán superiores, positivos y, por ende, más significativos en relación a los efectos negativos que resulte por el cambio de uso de suelo en terreno forestal, CUSTF, y que el proyecto carretero requiere llevar a cabo en el área protegida federal para la modernización de 43.93 km de la carretera existente Toluca - Tejupilco.

Otras medidas a ejecutar son:

- **Se limitarán las actividades a la línea de ceros**.
- **Programa de rescate y reubicación de flora silvestre**.
- **Programa de rescate, reubicación y ahuyento de fauna silvestre**.
- **Monitoreo de la Mariposa Monarca**.
- **Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna**.

Así también, se propone la **Creación de un Comité de Vigilancia Ambiental**, formado por la Dirección del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Secretaría de infraestructura, comunicaciones y transportes (SICT), la Supervisión Ambiental y Guardia Nacional, para

que en conjunto se haga la verificación de las medidas de mitigación y se cumplan con los siguientes objetivos:

- Garantizar que las acciones propuestas cumplan los objetivos, de forma efectiva y eficiente, preservando los recursos naturales del sistema ambiental afectado.
- Evaluar el desempeño de cada una de las medidas propuestas tanto en la MIA-R como en los Programas Ambientales para cada uno de los componentes identificados; en caso de que el valor obtenido sea menor al indicado, se informará la necesidad de actuación para ejecutar las acciones que reviertan esa situación.
- Asegurar la efectividad de las medidas propuestas, y si se requiere modificarlas, corregirlas o articularlas con otras estrategias para llegar a una condición que incremente el nivel de la calidad ambiental del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

Destacando que la ejecución en tiempo y forma de estas medidas, son de obligatoriedad para la implementación del proyecto y su incumplimiento, omisión o mala implementación serán verificadas y administradas por la PROFEPA, misma institución que aplicará, de ser el caso, las sanciones correspondientes por negligencia y daños ambientales extraordinarios a los contemplados por parte de los trabajadores, constructora o el promovente del proyecto, por lo que, es de mucha importancia la conformación del Comité de Vigilancia Ambiental, a través del cual se podrá asegurar el cumplimiento y funcionalidad de las medidas propuestas, y en su defecto, proponer medidas emergentes o incluso nuevas medidas que favorezcan la conservación de los ecosistemas en el área de estudio, ya que si bien es cierto, las obras y actividades del proyecto carretero generarán afectaciones o impactos ambientales, también lo es que su implementación busca contribuir con la mejora de la calidad ambiental actual del área protegida federal, a través de medidas de compensación que pretenden incrementar la funcionalidad de los servicios ambientales.

Medidas como la reforestación con especies nativas promoverán la recuperación de la cubierta vegetal en una superficie grande y significativa; la implementación de brechas cortafuegos será importante con la finalidad de reducir la aparición de incendios forestales en la zona del proyecto; y las podas fitosanitarias buscan contribuir a reducir en un mínimo, la gran problemática que sufre la vegetación del APRN referente a plagas forestales. Finalmente, el proyecto prevé diversas medidas preventivas, con lo cual se podrá evitar la aparición de nuevos impactos ambientales. La correcta aplicación y estrecha vigilancia de las medidas propuestas, reducirán en gran medida los efectos de estos impactos e incluso beneficiarán al medio ambiente presente, harán posible la operación de una mejor vía general de comunicación con beneficios sociales y económicos, sin comprometer los ecosistemas del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

Aunado a lo anterior se manifiesta:

- Con el fin de contribuir a un **medio ambiente sano**, establecido en el Artículo 4 Constitucional, que permita a todas las personas a vivir y disfrutar de un entorno natural limpio, equilibrado y saludable que no les cause daño y que sea adecuado para su desarrollo y bienestar, y contar con recursos naturales esenciales para la supervivencia humana y, toda vez que, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), es la autoridad encargada a nivel federal de proteger y preservar el medio

ambiente, así como, de garantizar que las actividades humanas no causen daños significativos al mismo, a través del cumplimiento de todas las normas jurídicas establecidas para su protección, cuya observancia contribuye a que todas las personas puedan disfrutar de una diversidad ecológica favorable y ecosistemas fuertes; las obras y actividades que se proyectan para la modernización del subtramo carretero Toluca - Tejupilco, así como las medidas de prevención, remediación, reducción y compensación que se proponen para la conservación y protección de la biodiversidad y de los ecosistemas del "Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México", se someten al procedimiento de evaluación de impacto ambiental para su análisis, evaluación y autorización respectiva por parte de la propia SEMARNAT, a fin de acatar lo dispuesto en la normatividad ambiental aplicable, principalmente de la LGEEPA y su REIA, así como, el Decreto y el Programa de Manejo del APRN; resaltando que la evaluación del impacto ambiental es un procedimiento de carácter preventivo, a través del cual la SEMARNAT 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; por lo que, a través del cumplimiento escrupuloso de las medidas de mitigación propuestas en el contenido de la MIA-R, así como, de los Términos y Condicionantes que se establezcan en la autorización ambiental del proyecto carretero, se garantizará que "todas las personas disfruten de un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar", principalmente de las poblaciones o comunidades que habitan dentro del "Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México".

- Con el fin de proporcionar una **movilidad en condiciones óptimas del espacio público e infraestructura**, establecido en al Artículo 4 Constitucional, que permita que en la zona de influencia del proyecto se cuente con una carretera de mejor calidad, más segura y más eficiente para la circulación de vehículos de carga y vehículos particulares, tanto locales como foráneos; la modernización de 43.94 km de longitud del tramo carretero Toluca-Tejupilco contribuirá a minimizar el riesgo de accidentes viales graves o muertes al contar con una infraestructura vial en mejores condiciones técnicas de operación; se tendrá un mejor desplazamiento de las fuerzas de seguridad pública y de las personas, ante contingencias o eventos que pongan en riesgo la integridad personal y social de la población en sus viajes y/o traslados; y se disminuirán los tiempos de traslado y los costos de operación en el desplazamiento de personas y mercancías.
- Con el fin de que la ejecución de los trabajos del proyecto carretero, entre las que se encuentra la actividad de cambio de uso de suelo en terreno forestal, no disminuya el nivel de protección que presenta el "Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México", sino que por el contrario, conforme al **Principio de Progresividad y No Regresión**, se tenga un avance gradual hacia un medio ambiente más sano y sostenible a largo plazo, se realizaran las medidas propuestas por el promovente del proyecto para alcanzar estos objetivos. El proyecto prevé y considera en todo momento la protección de la biodiversidad y de los ecosistemas del APRN, colaborando positivamente a través de la ejecución de las medidas propuestas, a la conservación de un medio ambiente sano a largo plazo en beneficio de la población de la región, y con el objetivo de no disminuir y/o aminorar el nivel de protección que presenta el área protegida federal; destacando que los beneficios ambientales que se alcanzarán con la realización de las medidas de

compensación propuestas será significativamente mayor y/o superior a los efectos negativos del cambio de uso de suelo en terreno forestal.

- Conforme al artículo 22 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal: "**es de utilidad pública la construcción, conservación y mantenimiento de los caminos y puentes**". En este contexto, la realización de las obras y actividades que se proyectan dentro del área natural protegida federal encuentra justificación directa como una **obra de utilidad pública**, toda vez que su construcción proporcionará beneficios sociales y ambientales a la población en general: contribuirá a tener mejor conectividad, mejor desplazamiento de usuarios y más seguridad vial en la zona donde se ubica y compensará de gran manera los impactos del cambio de uso de suelo en terreno forestal, minimizando los efectos ambientales negativos que traerá el desarrollo de esta actividad, misma que es necesario realizar para la ampliación y mejora de la carretera, aportando significativamente a la conservación de los ecosistemas del APRN. Refiriendo, una vez más, que las obras y actividades del proyecto carretero se someten al procedimiento de evaluación del impacto ambiental ante la SEMARNAT para obtener la autorización ambiental respectiva, en términos de lo dispuesto en la LGEEPA, el REIA y los lineamientos del Decreto y el Programa de Manejo del "Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México", resaltando que en función del nivel de protección que presenta el área protegida federal, las medidas propuestas para los impactos ambientales del proyecto se implementaron atendiendo los objetivos de conservación establecidos en el Programa de Manejo del APRN, señalando nuevamente que, los beneficios para el medio ambiente que se tendrán con la realización de las medidas de compensación propuestas serán superiores a los efectos negativos del cambio de uso de suelo en terreno forestal. Asimismo, el proyecto carretero es una obra prioritaria señalada como un compromiso del gobierno federal que presenta congruencia con el objetivo: "mejorar la movilidad de personas y mercancías en todo el territorio nacional y transfronterizo, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructura para un transporte eficiente, sostenible y seguro" del **Plan Nacional de Desarrollo 2024 – 2030**; se alinea con el objetivo: "conectividad para fortalecer el desarrollo económico y el bienestar social del país" del **Programa Nacional de Infraestructura Carretera 2025**, y concuerda con la estrategia: "modernizar la infraestructura de conectividad interior del Estado de México" del **Plan de Desarrollo del Estado de México 2023-2029**.
- Por último, es significativo mencionar que, **con el propósito de cuidar y respetar el ecosistema** de la zona del proyecto, dada la ubicación del tramo carretero Toluca - Tejupilco dentro del APRN, para el planteamiento del proyecto el promovente consideró, en primera instancia, la revisión del Decreto y del Programa de Manejo del ANP, a fin de conocer el estado o situación ambiental que presentan los ecosistemas de esta anp federal e identificar alguna restricción en las obras y actividades que forman parte del proyecto carretero propuesto, para que conforme a las condiciones y limitaciones de estas disposiciones jurídicas ambientales contemplar la posibilidad de amoldar y/o ajustar el diseño del proyecto; también, en razón del nivel de área de protección de recursos naturales identificado que presenta el ANP federal, el promovente implementó las mejores opciones técnicas y ambientales para evitar o disminuir al mínimo los efectos negativos del proyecto sobre el medio ambiente e incrementar los beneficios ambientales en la región.

IV. **Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares o poblaciones nativas, salvo alguna modificación o alteración con fines de investigación científica y/o en beneficio de la biodiversidad, correctamente justificadas, con antecedentes de éxito y previamente autorizadas**;

Al respecto:

Las obras y actividades que se proponen no tienen como fin alterar o destruir los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares o poblaciones nativas que se encuentren en la zona del proyecto. Para prevenir y reducir la acción recomendada, se implementarán diversas medidas de mitigación, como las siguientes:

- Platicas de concientización ambiental.
- Programa de rescate, reubicación y ahuyentamiento de fauna silvestre.
- Monitoreo de Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*).
- Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna.
- Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros.

V. **Alterar o dañar a las boyas de tránsito acuático**;

Al respecto:

Lo dispuesto en este criterio o recomendación ecológica no es aplicable a las obras y actividades que se proyectan para la modernización de una carretera existente.

VI. **Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar**;

Al respecto:

La realización de las obras y actividades que forman parte del presente proyecto de modernización del tramo carretero existente Toluca – Tejupilco originará diferentes tipos de residuos; por lo que, para un adecuado manejo, control y disposición de estos, se realizarán diversas medidas de mitigación, como las siguientes:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos.
- Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial.
- No instalar obras provisionales de ningún tipo cerca de cuerpos de agua.
- Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de los cuerpos de agua.
- Pláticas de concientización ambiental.
- Limitar la actividad a la línea de ceros.
- Colocación de señalética prohibitiva.

- Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje).

VII. Ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural;

Al respecto:

Las obras y actividades que se proyectan para la modernización de las especificaciones técnicas actuales del tramo carretero Toluca–Tejupilco, no guardan relación alguna con el desarrollo de actividades agropecuarias, en ese contexto, la realización del proyecto carretero no contradice lo aquí dispuesto.

VIII. Capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, salvo para colecta científica;

Al respecto:

Para evitar que el personal de la obra incurra en este tipo de prácticas, se implementarán pláticas de concientización, educación y capacitación en temas de conservación, respeto por el medio ambiente, cuidado y protección de especies para todo el personal que labore en la obra. Entre la temática contemplada se encuentra la Importancia de las especies de flora y fauna en el medio silvestre y la Legislación y Normatividad Ambiental Mexicana en temas de protección a las especies silvestres, así como penalizaciones en caso de realizar extracciones o cazas ilegales. Quedará prohibido a los trabajadores de la obra incurrir en este tipo de práctica. Finalmente, tanto la supervisión ambiental encargada de la obra, el personal responsable de medio ambiente por parte de la constructora, el superintendente de obra responsable de la ejecución de los programas ambientales y el comité de vigilancia ambiental, deberán hacer visitas e inspecciones continuas en los frentes de trabajo, para asegurarse de que el personal no incurra en dichas prácticas.

IX. Construir sitios para la disposición final de residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, salvo en la Subzona de Aprovechamiento Especial Cuadrilla de Dolores;

Al respecto:

El proyecto de modernización carretera que se propone no involucra obras y actividades relacionadas con la construcción de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial dentro del ANP federal. Para este tipo de residuos el proyecto implementará la realización de diversas medidas de mitigación para contribuir con un adecuado manejo, control y disposición final de los residuos que se originen con la ejecución del proyecto

X. Construir sitios de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas;

Al respecto:

Los trabajos de modernización que se proyectan no refieren obras y actividades relacionadas con la construcción de sitios de almacenamiento de materiales y sustancias peligrosas. El proyecto realizará acciones de control, manejo, almacenamiento y

disposición adecuada de los residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos que resultarán con la realización de los trabajos de modernización carretera.

XI. **Establecer asentamientos humanos, así como áreas habitadas o urbanizadas que, partiendo de un núcleo central, presenten continuidad física en todas direcciones, en las cuales se presenten asentamientos humanos concentrados, que incluyan la administración pública, el comercio organizado y la industria, y que cuenten con infraestructura, equipamiento y servicios urbanos tales como energía eléctrica, drenaje y red de agua potable**;

Al respecto:

El proyecto no refiere obras y actividades relacionadas con el establecimiento de áreas habitables o de asentamientos humanos, ni para el comercio organizado o la industria; de igual forma, no refiere trabajos para la construcción de infraestructura y/o equipamientos urbanos. Los trabajos que se plantean son únicamente para la modernización de una vía general de comunicación existente.

XII. **Ganadería, salvo en las Subzonas de Aprovechamiento de los Ecosistemas, en donde se deberán respetar los lineamientos del presente instrumento**;

Al respecto:

Lo dispuesto en este criterio o recomendación ecológica no es aplicable a las obras y actividades que se proyectan para la modernización de una carretera existente, misma que se constituye una vía general de comunicación.

XIII. **Rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos, salvo las modificaciones requeridas y autorizadas para la operación y mantenimiento de sistemas hídricos de almacenamiento, conducción, potabilización, distribución de agua dulce y generación hidroeléctrica, y conforme a la subzonificación**;

Al respecto:

Las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, no tiene como fin u objetivo: rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de ríos, arroyos, corrientes o manantiales. Para no interrumpir o modificar el fluir de las corrientes de agua perennes o intermitentes existentes a lo largo del tramo carretero, se construirán y modernizarán las obras de drenaje identificadas a lo largo de la carretera existente, sin olvidar mencionar que no se realizarán actividades de relleno o desecamiento en ríos, arroyos, corrientes y manantiales.

XIV. **Introducir ejemplares o poblaciones de especies exóticas a la región**;

Al respecto:

Entre las obras y actividades que forman parte del presente proyecto no se refiere el desarrollo de acciones relacionadas con la introducción de ejemplares o poblaciones exóticos de vida silvestre dentro del área natural protegida federal. Para evitar la introducción directa o incidental de este tipo de especies, las acciones de reforestación

se efectuarán con especies nativas de la región. Aunado a lo anterior, quedará prohibido a los trabajadores de la obra introducir al área del proyecto especies exóticas, además, tanto la supervisión ambiental encargada de la obra, el personal responsable de medio ambiente por parte de la constructora, el superintendente de obra responsable de la ejecución de los programas ambientales y el comité de vigilancia ambiental, deberán hacer visitas e inspecciones continuas en los frentes de trabajo, para asegurarse de que el personal no incurra en dichas prácticas.

XV. Navegación de embarcaciones mayores a 30 metros de eslora;

Al respecto:

Lo dispuesto en este criterio o recomendación ecológica no es aplicable a las obras y actividades que se proyectan para la modernización de una carretera existente.

XVI. Realizar, sin autorización, actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza, que generen la suspensión de sedimentos, o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o zonas aledañas, salvo las requeridas para la operación y mantenimiento de sistemas hídricos de almacenamiento, conducción, potabilización, distribución de agua dulce y generación hidroeléctrica;

Al respecto:

La ejecución de actividades de dragado o cualquier otra relacionada con la suspensión de sedimentos, o que provoquen áreas con aguas fangosas o limosas no presentan relación alguna con los trabajos que se proyectan para la modernización del tramo carretero existente Toluca - Tejupilco, misma que se constituye una vía general de comunicación, de manera que su realización no contradice lo aquí dispuesto.

XVII. Realizar obras y/o actividades que pongan en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o de las poblaciones de especies silvestres que habiten el área, particularmente aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo.

Al respecto:

Las especies que resultarán afectadas se encuentran bien representadas tanto en el SAR delimitado para el proyecto, como en la poligonal del APRN; ello se debe a que la flora de alta montaña es resultado de diferentes tiempos y espacios de origen, mecanismos de dispersión y de sus propias adaptaciones paleoecológicas, así como, por las condiciones físicas sumamente restrictivas, todo esto da como resultado que tengan una riqueza relativamente baja en comparación a otros tipos de vegetación más termófilos. Por lo que en dicho contexto, en el SAR, la riqueza de especies leñosas se restringe a algunas especies que fungen como taxones que se presentan de manera abundante y dominante, que constituyen bosques en algunos casos monoespecíficos, y que si bien se encuentran representados en las comunidades que se distribuyen en la superficie de CUSTF, y por ende, se efectuará la remoción de individuos, se puede establecer que esta remoción no

comprometerá las poblaciones, no pondrá en riesgo la diversidad de flora, ni la dinámica natural de los ecosistemas.

Asimismo, cabe destacar que el proyecto contempla la remoción de vegetación forestal en una superficie de 76.34 hectáreas de las cuales 26.60 ha son de bosque de pino y 49.75 ha de bosque de pino-encino. A dicho respecto, en la poligonal del área natural protegida, el tipo de vegetación que más superficie abarca es el bosque de pino-encino, el cual abarca una superficie de 40,685.16 ha que representan un 23.53% de la superficie del ANP. El segundo tipo de vegetación más común es el bosque de pino, cubre una superficie de 3,022.46 ha, que representan el 17.48% de la superficie total de APRN. De acuerdo a ello, la superficie de afectación determinada para la línea de ceros del proyecto representaría el 0.8 % del bosque de pino del ANP, y el 0.1 % de la vegetación de bosque de pino-encino.

Finalmente, de las 188 especies registradas, únicamente 2 se encuentran bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, éstas son *Hesperocyparis lusitanica* y *Comarostaphylis discolor.*

H. lusitanica a pesar de ser nativa del Valle de México, es ampliamente cultivada en la zona templada para reforestaciones y como ornamental. En el SAR esta especie es comúnmente usada como delimitante de predios o cercos vivos, así como en bosques reforestados en los que a través de los años se han intercalado individuos de esta especie en comunidades que se encontraban muy perturbadas, sin embargo, su introducción ha causado impactos negativos, principalmente por el desplazamiento de especies nativas, por lo que la remoción de individuos de esta especie no constituye un riesgo para sus poblaciones naturales, siendo que en la zona donde se ubica el proyecto su presencia se deriva de su introducción. En lo que respecta a *C. discolor*, esta especie se registró únicamente en el bosque de pino-encino, y en una densidad baja en la superficie de afectación (13 individuos por hectárea), por lo que la afectación a individuos de esta especie será reducida, además de que se contempla como prioritaria la realización tanto de acciones de rescate de flora, como del programa de reforestación, con lo cual será propagada, y por ende sus poblaciones serán incluso beneficiadas.

XVIII. Modificación del perímetro del embalse (o línea de intersección de la tierra con el agua).

XIX. Ingresar, sustituir y/o utilizar embarcaciones con características diferentes a las autorizadas.

XX. Utilizar dentro de la Presa Valle de Bravo embarcaciones no registradas ante la autoridad correspondiente, sin menoscabo de las autorizaciones correspondientes y otras autoridades competentes.

XXI. Navegar con una velocidad superior a 4 nudos, en la zona de precaución que abarca los 100 metros a partir de la línea de costa, en cualquier parte de la Presa Valle de Bravo.

Al respecto:

Los criterios o acciones aquí descritas no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente, en virtud de que estas se refieren a la modificación del contorno de presas, la utilización de embarcaciones y la navegación, lo cual no presenta relación alguna con los trabajos que forman parte del proyecto propuesto.

XXII. **En la Subzona de Uso Público Área de Remolque, esquiar fuera de los 700 metros después de la línea de costa de la Presa**.

XXIII. **Alterar o dañar a las boyas de tránsito acuático**.

XXIV. **Dañar o robar el sistema de boyeo, balizamiento y señalamiento del Presa**.

XXV. **Amarrarse a las boyas de señalización**.

Al respecto:

> Estos criterios señalan acciones relacionadas con la Presa como: esquiar después de la línea de costa de la presa, alterar, dañar o robar los dispositivos o señales visuales flotantes o fijas (boyas) establecidas para garantizar la seguridad y orientar la navegación dentro del cuerpo de agua, y amarrarse a estos, por lo que, estas acciones no guardan relación alguna con el desarrollo de las obras y actividades que se proponen para la modernización de la carretera existente Toluca – Tejupilco.

XXVI. **Instalar plataformas o infraestructura de cualquier otra índole, no autorizadas por la autoridad correspondiente**.

XXVII. **Pescar con fines comerciales o deportivos fuera de los lugares destinados para ello, así como aumentar la cuota de explotación o con artes de pesca no autorizados**.

XXVIII. **Emplear dardos, anzuelos, arpones, fármacos, palangres, redes agalleras y cualquier otro equipo o método que dañe a los organismos de fauna y flora acuáticas, así como efectuar cualquier actividad que ponga en riesgo o altere los ecosistemas y sus elementos**.

XXIX. **Construir cualquier obra pública o privada dentro del área de la Presa Valle de Bravo, sin la autorización correspondiente**.

Al respecto:

> Las acciones aquí descritas no presentan relación alguna con las obras y actividades que se proponen para la modernización de una vía general de comunicación existente, en virtud de que estas se refieren a la instalación de plataformas o infraestructura dentro de la Presa no autorizadas; la pesca con fines comerciales o deportivos; la utilización de equipo o métodos que dañen a la fauna y flora acuática, así como, cualquier actividad que ponga que dañe sus ecosistemas y elementos; y construir obra pública o privada dentro de la presa, sin la autorización correspondiente.

XXX. **Construir muelles, embarcaderos, atracaderos o cualquier infraestructura portuaria o de otra índole a las no permitidas por las autoridades correspondientes**.

XXXI. **Permanecer en la presa sin la autorización, o fuera de los horarios establecidos por las autoridades correspondientes**.

XXXII. **Realizar dentro de la Presa Valle de Bravo cualquier actividad de mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones, abastecimiento de combustible, así como cualquier actividad que ponga en riesgo el equilibrio ecológico del área**.

XXXIII. **Realizar actividades de paracaidismo, esquí acuático, tabla vela, tablas de oleaje, canoas, cayacs, y actividades análogas o similares, fuera de las áreas determinadas para ello, por la autoridad competente**.

Al respecto:

Estos criterios señalan acciones relacionadas con la presa Valle de Bravo como: la construcción de infraestructura portuaria o de otra índole, estar en la presa sin autorización o fuera de los horarios establecidos, realizar actividades dentro de la presa que pongan en riesgo el equilibrio ecológico del área, y realizar actividades fuera de las áreas determinadas por la autoridad competente para desarrollar paracaidismo, esquí acuático, tabla vela, tablas de oleaje, canoas, cayacs, y actividades análogas o similares, por lo que, dichas acciones no guardan relación alguna con el desarrollo de los trabajos de modernización que se proponen para la carretera existente Toluca – Tejupilco.

III.4.2. Regiones CONABIO

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), promueve el programa de identificación de regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en México. Dicho programa identifica y agrupa zonas según sus las características físicas y biológicas del entorno que las constituyen, las cuales clasifica en regiones y áreas: regiones terrestres prioritarias (RTP), regiones marinas prioritarias (RMP), regiones hidrológicas prioritarias (RHP) y áreas de importancias para la conservación de aves (AICAS). Cada región y área, tiene el cometido, de destacar la riqueza natural e integridad ecológica con mayor importancia en nuestro país; además, de constatar que cuentan con las características idóneas para su conservación.

De lo anterior, se identificó que el eje del proyecto, se localiza fuera de regiones hidrológicas prioritarias (RHPs) y de regiones marinas prioritarias (RMPs). Proyectándose, la carretera a modernizar, parcialmente dentro de un área de importancia para la conservación de las aves, el AICA-Sierra de Taxco-Nevado de Toluca, y en su totalidad, dentro de la región terrestre prioritaria denominada: RTP-Nevado de Toluca.

En las siguientes imágenes, se puede corroborarse lo antes mencionado.

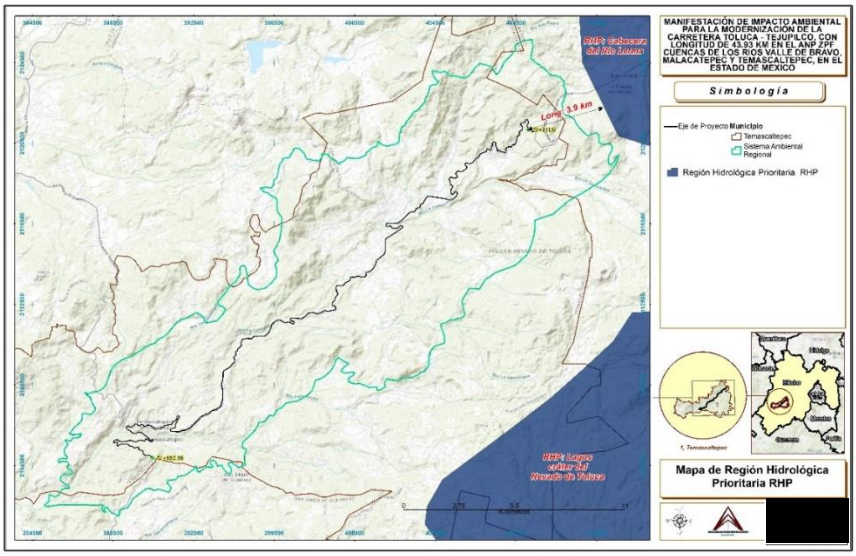


Imagen 7. Ubicación del proyecto fuera de Regiones Hidrológicas Prioritarias, estando la más cercana (RHP-Lagos cráter del Nevado de Toluca) a 3.9 km de distancia aproximadamente del eje del proyecto carretero.

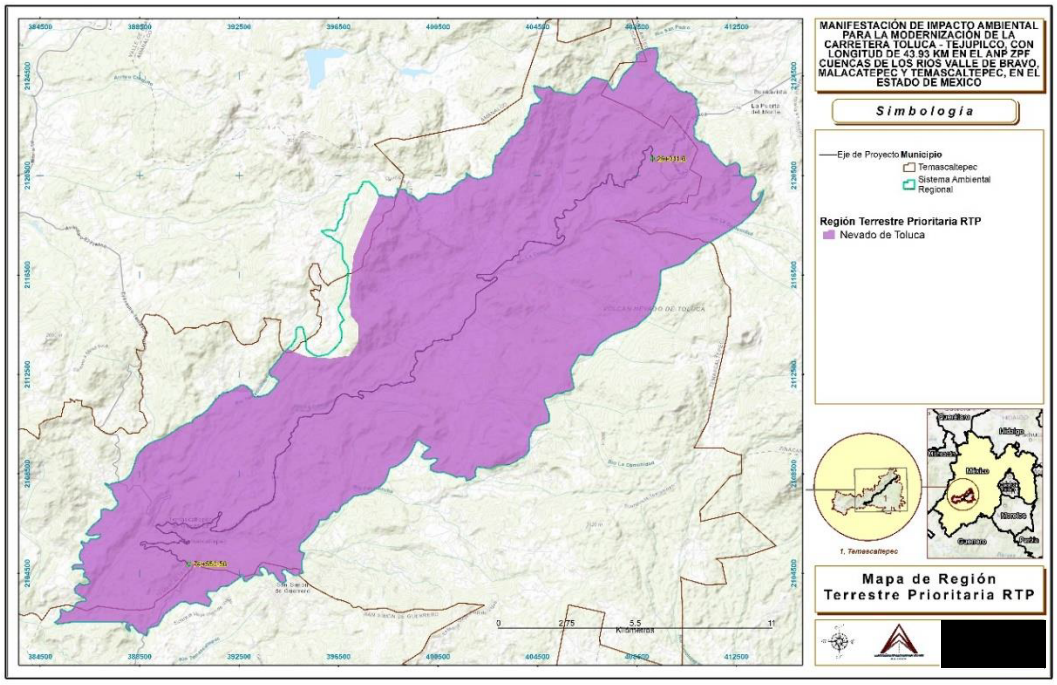


Imagen 8. Ubicación del proyecto totalmente dentro de la Región Terrestre Prioritaria denominada: “RHP-Nevado de Toluca”.

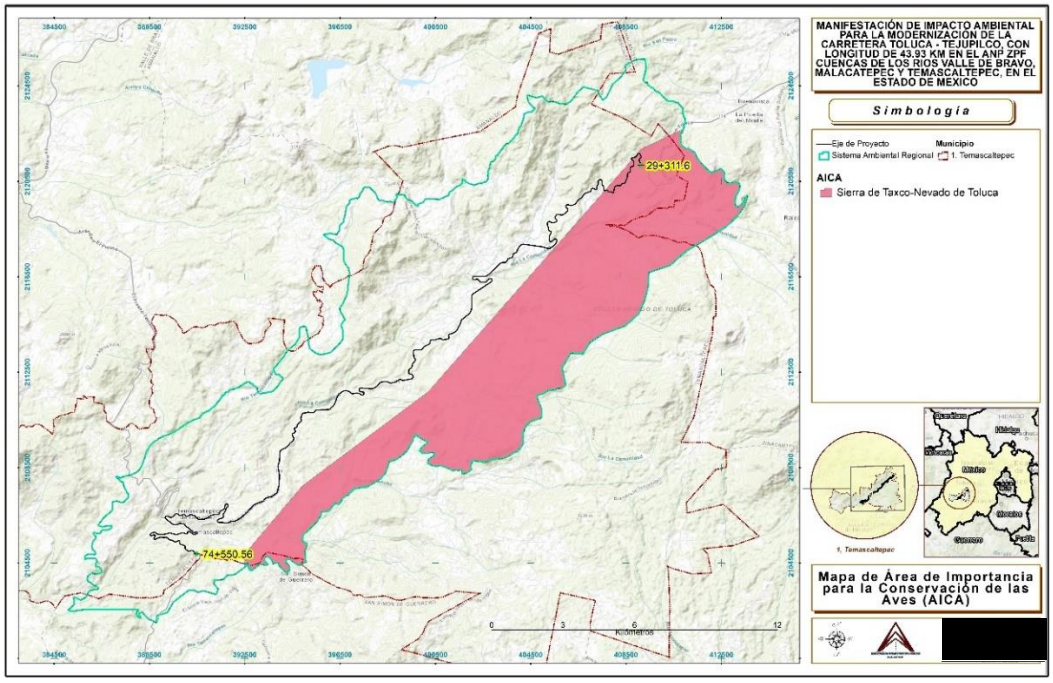


Imagen 1. Ubicación del eje del proyecto parcialmente dentro del AICA: “Sierra de Taxco-Nevado de Toluca”.

Cabe resaltar que, estas zonas o regiones prioritarias, no presentan un decreto, plan de manejo u ordenamiento que reglamente los usos de suelo y las actividades económicas que ahí se pretendan; son programas para la conservación de la biodiversidad, las cuales, orientan a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad; por lo que, en este sentido el proyecto no presenta limitaciones legales para su ejecución.

III.5. Planes y Programas de Desarrollo

Los planes y programas de desarrollo son instrumentos formales y legales por medio del cual la administración pública encabezada por el órgano ejecutivo fija los objetivos de su gobierno durante su gestión, por lo que es un instrumento que sirve de base en la creación y aplicación de políticas públicas en materia de regulación y promoción de la actividad económica, social, política, cultural, de protección al ambiente y aprovechamiento racional de los recursos naturales, según las necesidades presentes y futuras del país, con el fin de lograr una transición positiva del país en áreas de importancia.

A continuación, se presenta la observancia de los documentos de planeación que se vinculan con el presente estudio de impacto ambiental.

III.5.1. Programa Nacional de Infraestructura Carretera 2025-2030[2]

El Programa Nacional de Infraestructura Carretera 2025-2030 sumará una inversión de 173 mil millones de pesos para más de 4 mil kilómetros de longitud. Programa que contempla obras de continuidad por 126 km e inversión de 4,597 millones de pesos; ejes prioritarios con cerca de 3 mil km con inversión de 118 mil 470 millones de pesos, que incluye el programa carretero en Oaxaca como parte del Plan Lázaro Cárdenas con inversión de 5,986 millones de pesos para 904 km. Además del programa carretero en Guerrero con recursos por mil 880 millones de pesos y 3.8 km de longitud, así como la inversión en 18 puentes, inversión de 11 mil 847 millones de pesos y 15.8 km. En materia de inversión mixta el gobierno contempla desarrollar 5 proyectos carreteros bajo el "modelo de construcción, mantenimiento y operación donde el Gobierno tiene la mayoría del porcentaje" con una inversión de 30 mil 665 millones de pesos y cerca de 300 km de longitud. Respecto a las obras de continuidad, el Puente Rizo de Oro concluirá en octubre de este año, el cual cuenta con 2 km de vialidades más el puente en arco de 400 metros de longitud; Real del Monte-Huasca que estará lista el 11 de marzo y son 10 km que se estarán poniendo en operación; el Puente Vehicular Nichupté que estará en agosto; y San Ignacio-Tayoltita en mayo, ya muy avanzado y se trabaja en 10 frentes simultáneos. En su conjunto, estas obras contemplan una longitud de 126 km e inversión total por 4 mil 597 millones de pesos.

Sobre los 10 Ejes Prioritarios. Serán 3 mil km cuya meta se prevé incrementar. Contempla una inversión total por 118 mil 470 millones de pesos y longitud de 2 mil 978 km.

Los 10 ejes prioritarios incluyen los proyectos carreteros de: Cuautla-Tlapa-Marquelia; Tamazunchale-Huejutla; Bavispe-Nuevo Casas Grandes; Circuito Tierra Libertad, en Morelos; **Toluca- Zihuatanejo**; Salina Cruz-Zihuatanejo; Macuspana-Escárcega; Ciudad Valles-Tampico; Saltillo-Monclova; y Guaymas-Esperanza-Yécora-Chihuahua. El tramo Alacatlatzala a Chilixtlahuaca de la carretera Cuautla-Marquelia, en La Montaña de Guerrero, iniciará su

[2] https://www.gob.mx/presidencia/prensa/presidenta-presenta-programa-nacional-de-infraestructura-carretera-2025-2030-se-intervendran-4-mil-km-para-conectar-zonas-vulnerables?idiom=en

construcción en el mes de abril de este año, vía licitación; contará con tramos de modernización de 2 a 4 carriles y otros de conservación.

Vinculación del proyecto con el PNIC 2025-2030:

El objetivo de este Programa Nacional de Infraestructura 2025 es la conectividad, la atención a las zonas más vulnerables del país y para fortalecer el desarrollo económico y el bienestar social del país, siendo el presente proyecto uno de los Cien Compromisos del Gobierno Federal, establecido como: "83. Construcción y ampliación de carreteras, caminos y puentes".

Por su parte, el objetivo del presente proyecto es modernizar 43.93 kilómetros de longitud de una vía general de comunicación existente tipo C para dejarla con las especificaciones técnicas de una carretera tipo A2. Los objetivos específicos del proyecto son:

- Mejorar la conectividad entre los municipios de Toluca y Tejupilco y a nivel regional entre los Estados de México y Guerrero.
- Impulsar el desarrollo regional a nivel económico y social.
- Disminuir tiempos de traslado.
- Promover de una vía de comunicación más segura a través de la mejora de las características geométricas de la carretera.
- Mejorar el drenaje natural que atraviesa la carretera existente, a través de la modernización de obras hidráulicas.
- Mantener el equilibrio ecológico del ambiente, a través de la ejecución de medidas de mitigación propuestas en el presente documento.

De manera que, la relación directa del Programa Nacional de Infraestructura 2025 con el presente proyecto es en el sentido de lograr la integración regional y mejorar la accesibilidad de la población a destinos, bienes y servicios, así como, establecer lineamientos básicos para la protección al ambiente, esto último, tiene una estrecha relación con el objetivo del presente estudio de impacto ambiental, toda vez que, se plantea la realización de diversas medidas de mitigación.

III.5.2. Plan de Desarrollo del Estado de México 2023 – 2029

El Plan de Desarrollo es el instrumento rector de la planeación estatal en el que se expresan las prioridades, objetivos, estrategias y líneas de acción en materia de gobierno, bienestar social, ambiental y desarrollo económico, para promover y fomentar el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de la población, orientando la acción pública hacia ese fin.

El documento está estructurado sobre los siete ejes definidos para atender los problemas que históricamente ha padecido la entidad, de los cuales, a cuatro se les denominó "Ejes del Cambio" y a tres "Ejes Transversales".

- Eje 1. Cero corrupción y gobierno del pueblo y para el pueblo. "Estado de Derecho y austeridad";
- Eje 2. Bienestar ambiental y acceso universal al agua. "Preservación y promoción ecológica";
- Eje 3. Empleo digno y desarrollo económico. "Inclusión para el bienestar y la prosperidad";
- Eje 4. Bienestar Social. "Combate a la pobreza y atención a grupos en situación de vulnerabilidad";

- Eje Transversal 1. Igualdad de género;
- Eje Transversal 2. Construcción de la paz y seguridad;
- Eje Transversal 3. Cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Estos ejes se sustentan en el "Humanismo Mexicano", que sintetiza los principios políticos, económicos y sociales de la Cuarta Transformación, al fomentar el progreso con justicia, la pluralidad, la inclusión, la austeridad y la honestidad; donde el gobierno y el poder están al servicio del pueblo.

Cada eje es introducido por un diagnóstico crítico sobre el estado actual que guardan los grandes retos del Estado de México y problemática que lo componen; así, por ejemplo, en el Eje 4, Bienestar Social, se analizan las causas recientes de la pobreza, las carencias sociales o la atención a grupos vulnerables, así como su evolución.

Una vez presentados los diagnósticos de cada eje, se integran sus objetivos, estrategias y líneas de acción. Los objetivos representan las finalidades que se desean alcanzar en los próximos años para atender las problemáticas de cada eje, de manera realista y objetiva, dentro de un marco de tiempo determinado. De ellos se derivan las estrategias o rutas conductoras que enuncian cómo resolverlos. Finalmente, las líneas de acción reflejan las actividades que las dependencias y entidades llevarán a cabo para mejorar el presente y el futuro del tema que se aborda.

Expuesto lo anterior, para el presente proyecto se relaciona lo siguiente:

EJE 3. Empleo digno y desarrollo económico. "Inclusión para el bienestar y la prosperidad";

f. Movilidad segura y de calidad.

Derecho Humano a la Movilidad. Hoy en día en todos los países desarrollados se reconoce a la movilidad como un derecho humano, donde el centro de las políticas públicas son el ser humano y el medio ambiente, privilegiando la jerarquía de la movilidad que otorga a peatones, ciclistas y al transporte público el mayor rango de importancia. Se considera un derecho humano de carácter fundamental, no solo porque es valioso en sí mismo, sino también porque su ejercicio efectivo permite hacer realidad a otros derechos humanos.

Los seres humanos necesitan trasladarse de un lugar a otro, con absoluta libertad, seguridad y comodidad, para acudir a sus centros de trabajo, recibir atención médica, adquirir los bienes necesarios de subsistencia, acudir a la escuela, para realizar actividades deportivas o recreativas o simplemente convivir en comunidad.

La movilidad como un derecho humano obliga al gobierno del estado y de los municipios a realizar un conjunto de acciones que tiendan a procurar su debido ejercicio en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad, y a garantizar el desplazamiento de personas, independientemente de su condición o género, así como de bienes, a través de una red estructurada de transporte y vialidad, que permita la convivencia segura de modos eficientes y la intermodalidad, propicie la competitividad y minimice los costos socioeconómicos e impactos ambientales.

Desde hace varios años se requería inducir cambios en los hábitos individuales con consecuencias negativas para el ambiente, la economía y la comunidad; así como realizar campañas de concientización y sensibilización tanto para la población como para los tomadores

de decisiones en dos aspectos: el primero, sobre la utilización de modos alternos de movilidad a los privados motorizados y, en segundo lugar, respecto al uso compartido de las calles y espacios públicos. Al respecto, no se aprecia la existencia de programas efectivos en materia urbana, peatonal, ciclista, transporte público, seguridad vial, grupos en condiciones de vulnerabilidad, transporte de carga, gestión de la movilidad, medio ambiente, estacionamientos, vialidades, control de tránsito, además del que refiere a la movilidad y contingencia para el resguardo de la salud.

En términos generales se puede decir que las principales causas que han impedido articular una movilidad sustentable son: por un lado, la desarticulación del desarrollo urbano con la movilidad y, por el otro, el incremento desproporcionado del parque vehicular de automóviles que no ha estado acompañado por la infraestructura vial requerida, ni por el mejoramiento de los sistemas de transporte público masivo y no motorizado.

Existe una clara simbiosis entre movilidad y desarrollo urbano, por lo cual es necesario que el estado garantice a la población los elementos claves para asegurar que el ejercicio del derecho humano a la movilidad se derive de una visión integral del desarrollo urbano, que permita contar con la infraestructura indispensable y que a su vez estos elementos hagan posible que el Estado de México planee y gestione la movilidad urbana a través de estrategias enfocadas en reducir el uso del automóvil, mejorar el transporte público y la infraestructura ciclista y peatonal, con perspectiva de género, accesibilidad universal y la participación activa de la sociedad y ofrezcan soluciones que permitan detonar cambios en el corto y largo plazo. Por ello, el Plan Estatal y los planes metropolitanos, interestatales, regionales y municipales de Desarrollo Urbano, además de estar alineados a la Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, deberán orientarse y que impulsen ciudades compactas que favorezcan un uso más eficiente del espacio urbano, de la infraestructura y los equipamientos.

Infraestructura Vial. La infraestructura para la conectividad y movilidad es primordial en el impulso de las vocaciones productivas, el crecimiento económico de las regiones y el bienestar de la población.

El Estado de México tiene una ubicación geográfica estratégica para consolidarse como un centro logístico a nivel nacional y en el comercio internacional, a través de sus autopistas, aeropuertos, vías férreas e infraestructura de comunicación. El Estado de México es la segunda entidad con más carreteras, lo que facilita el traslado de mercancías hacia el norte del país y a los principales centros de exportación terrestre y marítima. Esto se puede observar en los corredores troncales de la Red Nacional de Caminos (RNC) que cruzan la entidad: 1) México – Guadalajara - Nogales, 2) México – Querétaro – Nuevo Laredo y 3) México- Tuxpan.

Si bien el Estado de México tiene una amplia conexión a nivel nacional, sobresale su vinculación con la Ciudad de México, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Querétaro, con las que se trasladan materias primas, productos, servicios y personas, dando origen a la integración de la megalópolis del centro de México.

El Estado de México es una de las entidades mejor comunicadas del país, siendo una de las 5 que más ampliaron su longitud de carreteras y caminos. En 2023 contó con más de 15,000 kilómetros de carreteras, aproximadamente el 50% pavimentadas. Además, el gobierno estatal atiende directamente más de 4,000 kilómetros de carreteras y vialidades primarias libres de peaje (311 caminos), lo que representa el 28% del total.

De las 15 autopistas con mayor tránsito a nivel nacional, 4 están directamente localizadas en la entidad, aportando el 13% de los flujos nacionales: 1) Chamapa – Lechería con una afluencia de 57,382 viajes, 2) México – La Marquesa con 55, 185 traslados, 3) Peñón – Texcoco con 37,705 viajes y 4) Ecatepec- Pirámides con 28,157 viajes. Un aspecto para resaltar en la consolidación del Estado de México como el centro logístico en la región, es la ubicación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), que ha impulsado la construcción de nuevas vialidades y mejora de la conectividad de la entidad y estados aledaños, pero principalmente con la Ciudad de México, tal es el caso del Distribuidor Acceso Principal al AIFA, la Autopista Siervo de la Nación, Macro Libramiento Mexiquense y la Autopista Toluca Naucalpan. En este tema, es relevante considerar las concesiones, que son definidas como esquemas de asociación público-privada para la inversión en el mantenimiento, modernización y expansión de la red actual de carreteras.

La problemática que enfrenta la ciudadanía en este esquema de financiamiento es el aumento de costo de casetas que limita el libre tránsito en las principales zonas urbanas de la entidad, accidentes en los que se involucran unidades pesadas de carga con automóviles particulares y la saturación vial en casetas que aumenta el tiempo de viaje. Además, aunque el estado goza de buena infraestructura de conectividad, sus características regionales y la desigualdad entre zonas urbanas generan una brecha al interior, pues las zonas metropolitanas no están integradas con las rurales del sur, limitando el desarrollo industrial, comercial, turístico y de servicios.

Por otra parte, la seguridad en carreteras es un tema central para los diferentes ámbitos de gobierno, pues el robo en autopistas se ha convertido en una problemática muy seria para transportistas y usuarios particulares. De acuerdo con la Cámara Nacional de Autotransporte de Carga (CANACAR), el 42% del total nacional de robos se realizan en las autopistas Toluca-Naucalpan, Chamapa- Lechería, Circuito Exterior Mexiquense, México - Querétaro y México - Texcoco. Las autopistas federales se han convertido en un punto primordial para el robo de cargas por la amplia dinámica de traslados. Como resultado, la coordinación entre autoridades federales y estatales es necesaria, haciendo frente a esta problemática con el uso de tecnologías y el trabajo de inteligencia policial para identificar los mecanismos de distribución y comercialización de la mercancía robada.

La situación de movilidad actual en el Estado de México, en particular en las zonas metropolitanas, es producto de haber dado prioridad al transporte individual sobre el colectivo desde hace varias décadas, donde son frecuentes los tiempos prolongados en los traslados, no solamente por las distancias o al tráfico vehicular, sino también debido a la carencia de oferta de transporte masivo de calidad y las malas condiciones en el transporte público en general.

Los tiempos de viaje promedio se pueden incrementar de forma significativa por región, pues existen traslados de hasta 180 minutos en trayectos menores a los 16 km, principalmente por motivos de congestión vehicular, donde la velocidad del traslado se ve reducida en las vialidades primarias llegando a ser de entre 20 y 21 km/h, mientras que los vehículos de transporte público se desplazan a 17 km/h. Sólo el 15% de las vialidades restantes tienen una fluidez estable. El número de viajes que se realizan en automóvil privado se incrementa cada día más, congestionando las vialidades y sometiendo a los mexiquenses a tiempos excesivos de viaje, más contaminación y una ciudad más inhumana donde las personas se someten al riesgo cada vez mayor de vivir un accidente vial. Aunado a ello, el número excesivo de vehículos privados para la movilidad diaria hace ineficiente e insuficiente el sistema estatal de vialidades. Al respecto, el uso de vehículos particulares pasó de 3,281,852 en 2012 a 6,810,136 en 2023, y,

en el mismo periodo, el uso de motocicletas aumentó de 140,655 a 1,056,928, un explosivo incremento de 651%. En ese contexto, de acuerdo con la Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México de 2017, en la zona conurbada, solo el 18% de los viajes se realizan en vehículos privados (de los cuales, el 66.7% son para una sola persona y solo el 3.3% para 4 o más personas), en contraste con el 40% que se realizan en transporte público, lo que ocasiona mayor congestión en las vías y tiempos de traslado, así como contaminación atmosférica.

Al ser el Estado de México la entidad con el mayor parque vehicular del país, se coloca en los primeros lugares de siniestralidad, por lo que es necesario implementar programas o políticas públicas que impulsen acciones coordinadas en la materia, para por lo menos, aminorar este grave flagelo social.

La relación entre la movilidad urbana y sus efectos en el medio ambiente y en la salud de los habitantes de las metrópolis es estrecha, ya que el crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de México, y en particular de los 59 municipios mexiquenses que la integran, la convierte en la más contaminada del país y con la mayor cantidad de gases de efecto invernadero. En este sentido, cabe apuntar que siendo considerada la más grande y compleja del país, la emisión de contaminantes que alteran la calidad del aire está directamente asociada a las actividades de la población.

No se puede pasar por alto que la infraestructura vial de la zona oriente de la entidad se estructura a partir de dos vías primarias, directas y gratuitas, de acceso a la Ciudad de México, que son la Calzada Ignacio Zaragoza y la Avenida Central en Ecatepec, y una de cuota, la autopista Peñón-Texcoco. Para unir estas tres vialidades se cuenta con tres circuitos viales: Periférico Oriente, en su tramo que va de Calzada Ignacio Zaragoza a Insurgentes Norte, el Circuito Exterior Mexiquense, de cuota, y la carretera Los Reyes Texcoco-Lechería, que se constituye en la única vialidad totalmente en territorio estatal y que no requiere pago. Estas vialidades durante varios periodos del año tienen condiciones físicas deficientes que dificultan el tránsito fluido y seguro y entorpecen los puntos de acceso a la Ciudad de México, así como los viajes del Valle de México al Valle de Toluca.

De lo anterior, el objetivo, las estrategias y las líneas de acción que se relacionan con el proyecto carretero son los que a continuación se describen:

OBJETIVO:

- 3.6 Brindar una movilidad segura, digna y eficiente.

ESTRATEGIAS:

- 3.6.1 Mejorar y modernizar la infraestructura de transporte para disminuir los tiempos de traslado y mejorar las condiciones de vida.
- 3.6.2 Modernizar la infraestructura de conectividad al interior del Estado de México.

Líneas de acción:

- 3.6.2.2 Rehabilitar y mejorar la red vial libre de peaje, propiciando la interconectividad entre las regiones y localidades más alejadas de la entidad.
- 3.6.2.3 Coadyuvar en la conclusión de obras de los distintos órdenes de gobierno, buscando una mejora en la movilidad en el estado.

Vinculación del proyecto con el PDEM 2023 – 2029:

Desde el año 2018, el Gobierno del Estado de México desarrolló el proyecto APP: "Rehabilitación y conservación de una red carretera libre de peaje con una longitud de 1,637.8 Km con residencia en Tejupilco, Ixtapan de la Sal y Toluca" (Gobierno de México, 2018).; mediante el cual se detectó que la red de caminos del Estado de México presenta deficiencias en su estado de conservación, ya que la infraestructura tiene una antigüedad superior a 30 años, por lo que se requieren trabajos mayores para restituir, mantener y conservar la capacidad estructural del pavimento y responder a los volúmenes de tránsito, cargas y dimensiones de los vehículos que transitan la vía. Por su parte, la zona sur del Estado de México presenta un mayor atraso económico, constituyendo la región menos desarrollada del Estado y la que concentra los índices de pobreza más altos, por lo que se requieren programas públicos tendentes a generar un mayor desarrollo de la región.

Por lo que, el objetivo principal del presente proyecto es modernizar 43.93 kilómetros de una vía general de comunicación existente (tramo Toluca-Tejupilco), con la finalidad de inducir mejoras en las condiciones socioeconómicas de la zona sur del Estado de México, apoyándose en una infraestructura de mayor calidad, que permita la reducción del desequilibrio económico con el resto del Estado. Los objetivos específicos del proyecto son:

- Mejorar la conectividad entre los municipios de Toluca y Tejupilco y a nivel regional entre los Estados de México y Guerrero.
- Impulsar el desarrollo regional a nivel económico y social.
- Disminuir tiempos de traslado.
- Promover de una vía de comunicación más segura a través de la mejora de las características geométricas de la carretera.
- Mejorar el drenaje natural que atraviesa la carretera existente, a través de la modernización de obras hidráulicas.
- Mantener el equilibrio ecológico del ambiente, a través de la ejecución de medidas de mitigación propuestas en el presente documento.

Es así que, las obras y actividades que forman parte del presente proyecto, presentan correlación con el objetivo, las estrategias y las líneas de acción relacionadas con la infraestructura carretera del Estado de México y que se determinan en el presente documento de planeación.

III.5.4. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec

El Plan Municipal de Temascaltepec, se constituye como un proceso de planeación territorial con un enfoque integral multifactorial, que refleja la naturaleza completa y dinámica del territorio, es decir, entiende al territorio como un sistema complejo en el cuál interactúan entre sí y a diferentes escalas componentes naturales, socioculturales, económicos, urbanos-regionales y políticos, cuyas relaciones son cambiantes, sino que cambian a través del tiempo. El presente instrumento, es congruentes con las políticas, estrategias y objetivos previstos en el Plan Estatal de Desarrollo Urbano.

OBJETIVOS.

Los objetivos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec representan las líneas generales que estructuran la visión de planeación al 2050 y han sido formulados con base al análisis histórico y la estructura territorial actual del municipio.

Los objetivos planteados en el presente PMDUT, se dividen en tres grupos:

- De ordenamiento territorial
- De ordenamiento urbano e imagen urbana
- De ordenamiento sectorial

A. DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. El ordenamiento territorial tiene por objetivo buscar un desarrollo que satisfaga las necesidades de la población mientras se salvaguardan los recursos para futuras generaciones a través del uso y aprovechamiento sustentable del territorio y sus recursos.

B. DE ORDENAMIENTO URBANO E IMAGEN URBANA. El ordenamiento y la imagen urbanos son elementos del proceso de planeación de Temascaltepec. Están centrados en generar la normatividad de uso de suelo y los elementos estructurales de imagen urbana del municipio.

C. DE ORDENAMIENTO SECTORIAL. El objetivo del ordenamiento sectorial es propiciar la compatibilidad entre el territorio municipal a partir de la articulación entre los actores e instituciones sectoriales que tienen una acción e impacto en el territorio. Se busca encauzar la acción sectorial para fortalecer la integración social, el fomento económico, la dotación de infraestructuras, equipamientos y servicios de calidad a partir del uso y aprovechamiento sustentable para mejorar la calidad de vida de los habitantes de Temascaltepec. Los objetivos sectoriales del PMDU de Temascaltepec buscan atender los sectores prioritarios que atañen al contexto municipal.

A partir de estas visiones, para el presente proyecto se relacionan los siguientes objetivos:

OBJETIVOS:	
De Ordenamiento Territorial:	• Fortalecer la integración regional de Temascaltepec con las dinámicas de desarrollo de las regiones de Tejupilco y Valle de Bravo a través de corredores de valor que impulsen el desarrollo local del municipio, vinculados a la conformación de un sistema de ejes de desarrollo y de la promoción económica-sustentable de producciones agropecuarias y forestales, así como la consolidación de corredores e iniciativas de turismo, ecoturismo, turismo de aventura, turismo cultural entre otros segmentos, que permitan el aprovechamiento sustentable, la conservación y prestación de servicios ambientales.
De Ordenamiento Sectorial:	• Fortalecer la movilidad y conectividad intramunicipal, aunado a mejorar la red vial existente, así como la capacidad de recepción de flujos vehiculares que permitan conformar un tejido vial que mejoren los elementos funcionales de integración de Temascaltepec con las regiones de Valle de Bravo y Tejupilco.

Vinculación de los objetivos antes descritos con el proyecto:

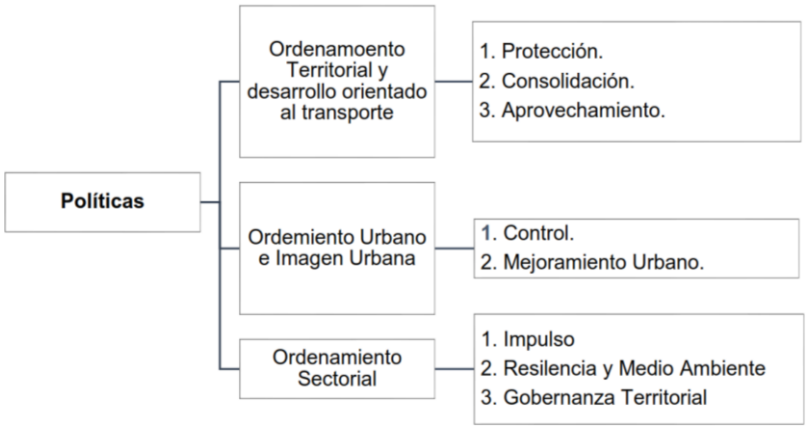
Las obras y actividades que se proponen presentan correlación con los objetivos antes descritos, toda vez que, la modernización de la carretera existente permitirá fortalecer la movilidad y la conectividad del municipio con otras regiones, reforzará la integración regional de Temascaltepec e impulsará el desarrollo local del municipio; aunado a lo anterior, para contribuir con la conservación del ecosistema y de los servicios

ambientales de la zona del proyecto, se realizarán diversas medidas de prevención, remediación, reducción y compensación.

POLÍTICAS.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se definen las políticas de acción para el ordenamiento territorial y desarrollo urbano orientado al transporte; ordenamiento urbano e imagen urbana y; para el ordenamiento sectorial, mismas que corresponden a la legislación y normatividad establecida en materia de asentamientos humanos, ordenamiento y desarrollo urbano, establecidas en los tres órdenes de gobierno.

Políticas del PMDU de Temascaltepec



Es de señalar, que estas se basan en las políticas planteadas a nivel estatal y regional por el Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México 2019 (PEDU), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Estatal 2018 (POET), así como los criterios de las ANPs y el Programa de Manejo de Zona Protectora Forestal de los terrenos constitutivos de las Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Estos instrumentos dan la pauta bajo la cual se guían las políticas siguientes:

A. DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE. La Política de ordenamiento territorial y desarrollo orientado al transporte se orienta a través de tres vertientes de aplicación de protección, consolidación y aprovechamiento.

B. DE ORDENAMIENTO URBANO E IMAGEN URBANA. La Política de ordenamiento urbano e imagen urbana se orienta a través de dos vertientes la de control y mejoramiento urbano.

C. DE ORDENAMIENTO SECTORIAL. La Política de ordenamiento sectorial se conforma por tres vertientes la de impulso, resiliencia y medio ambiente, y gobernanza territorial.

De lo anterior, para el presente proyecto se relacionan las siguientes políticas:

POLÍTICAS:	
De Ordenamiento Territorial y	De Protección, De Consolidación y De Aprovechamiento. El proyecto se ubica dentro de la política:

Desarrollo Orientado al Transporte:	• De Consolidación. Aplicable al Sistema Urbano Rural de Temascaltepec y a los Sistemas Rurales de San Pedro Tenayac, San Mateo Almomoloa y San Martin Tequisquiapan, que garanticen una estructura funcional entre sus sistemas centrales y las localidades rurales que los conforman atendiendo las aptitudes territoriales y vocaciones locales del municipio, eficientando acciones para mejorar la cobertura de equipamientos de salud, educación y servicios administrativos. Esta incidirá en mejorar las condiciones de habitabilidad de la población local.
De Ordenamiento Sectorial:	Impulso, Resiliencia y Medio Ambiente, y Gobernanza Territorial. El proyecto se ubica dentro de la política: • De Impulso: Esta se dirige particularmente a las localidades y zonas tendientes a integrarse a los corredores y actividades económicas provenientes del sector minero, agrícola, forestal, turístico y ecoturísticos, así como aquellas localidades rurales que requieren un proceso de integración intra e intermunicipal, permitiendo la generación de proyectos que fomenten el desarrollo local sin modificar el paisaje de forma sustancial, ni causar impactos ambientales. Además, permitirá una integración social en el territorio y procurará el buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales y patrimoniales-culturales. Los objetivos ayudarán a definir las infraestructuras y equipamientos que son los factores claves para la capacidad de desarrollo. Orientará a la inversión pública y definirá proyectos integrales en decisiones económicas y sociales en una armonía con el medio ambiente.

Vinculación de las políticas antes descritas con el proyecto:

De acuerdo al PMDU de Temascaltepec, la región donde transcurre el tramo carretero Toluca - Tejupilco presenta Política de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Orientado al Transporte: De Consolidación, donde se promueve el mejoramiento de la cobertura de equipamientos de salud, educación y servicios administrativos para mejorar las condiciones de habitabilidad de la población; de igual forma, presenta Política Sectorial: De Impulso, dirigida a localidades rurales que requieren un proceso de integración intra e intermunicipal, que permita la integración social en el territorio y el buen uso y aprovechamiento de los recursos naturales y patrimoniales-culturales.

Al respecto, la modernización del tramo carretero Toluca – Tejupilco contribuye con lo dispuesto en estas políticas, en virtud de que, presenta como uno de sus objetivos el de mejorar el desarrollo socioeconómico de la región al contar con una vialidad que proporcionará una conectividad segura y eficiente a los usuarios y habitantes de las comunidades rurales y la población en general que la transiten, mejorando con esto las condiciones de uso de la carretera, lo que permitirá una mejor integración del territorio municipal entre los sistemas y las localidades rurales que conforman el municipio de Temascaltepec. Cabe resaltar que el proyecto propone la realización de diversas medidas de mitigación para prevenir, remediar, reducir y compensar los impactos ambientales que se presienten, favoreciendo con esto la protección, conservación y restauración del medio ambiente de la zona del proyecto.

ESTRATEGIAS.

El apartado de estrategias define el encadenamiento de sistemas, modelos, acciones generales y particulares, propuestas para poder alcanzar los objetivos planteados por el presente plan. A su vez, son encausados por las políticas definidas en este instrumento y los instrumentos de planeación vigentes.

Esta desarrollada como marca el Libro V, con base a una serie de estrategias particulares vinculadas entre ellas, en torno al desarrollo de acciones específicas que buscan fortalecer los sistemas urbano-rurales y rurales locales para el aprovechamiento sustentable de los recursos territoriales y la búsqueda de potencializar el desarrollo equitativo de las localidades que conforman el municipio.

En este sentido, las estrategias planteadas se atenderán de acuerdo con los sistemas de ordenamiento territorial, ordenamiento urbano y ordenamiento sectorial, y se alinearán con las estrategias planteadas en los instrumentos vigentes de carácter federal, estatal y de municipios contiguos.

A. DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE.

1. Sistema de Ordenamiento Territorial y Ambiental.

La estrategia de ordenamiento territorial está basada en los potenciales obtenidos por el modelo de aptitud territorial y las Áreas de Ordenamiento y Regulación del Programa Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México de 2019. En este sentido, esta estrategia aborda el Sistema de Ordenamiento Territorial desde tres elementos que convergen en el territorio por medio de las Áreas de Ordenamiento y Regulación (AOR), siendo estos los siguientes: área urbana, el área rural y sus relaciones con el sistema de ejes de desarrollo.

De acuerdo con el PEDU para el Estado de México, un Área de Ordenamiento y Regulación (AOR) es la unidad mínima territorial con características homogéneas preponderantes, a una escala estatal regional, en donde se aplican tanto políticas como estrategias urbanas, de política territorial y sectorial, aunado con programas, proyectos y acciones estratégicas, orientados a un desarrollo que transite a la equidad, sustentabilidad y competitividad del sistema de ciudades del Estado de México.

De lo anterior, y conforme a la **Carta E-10 Áreas de Ordenamiento y Regulación** del **PMDU de Temascaltepec** que a continuación se presenta, el proyecto incide al inicio y final del eje carretero en el **Sistema Ejes de Desarrollo Conservación Ambiental** y en áreas de **Crecimiento Urbano** en una minoría, y en el **Área Rural Aprovechamiento Condicionado Sustentable** y en **Áreas Económicas de Baja Intensidad Comercio y servicios**, en su gran mayoría.

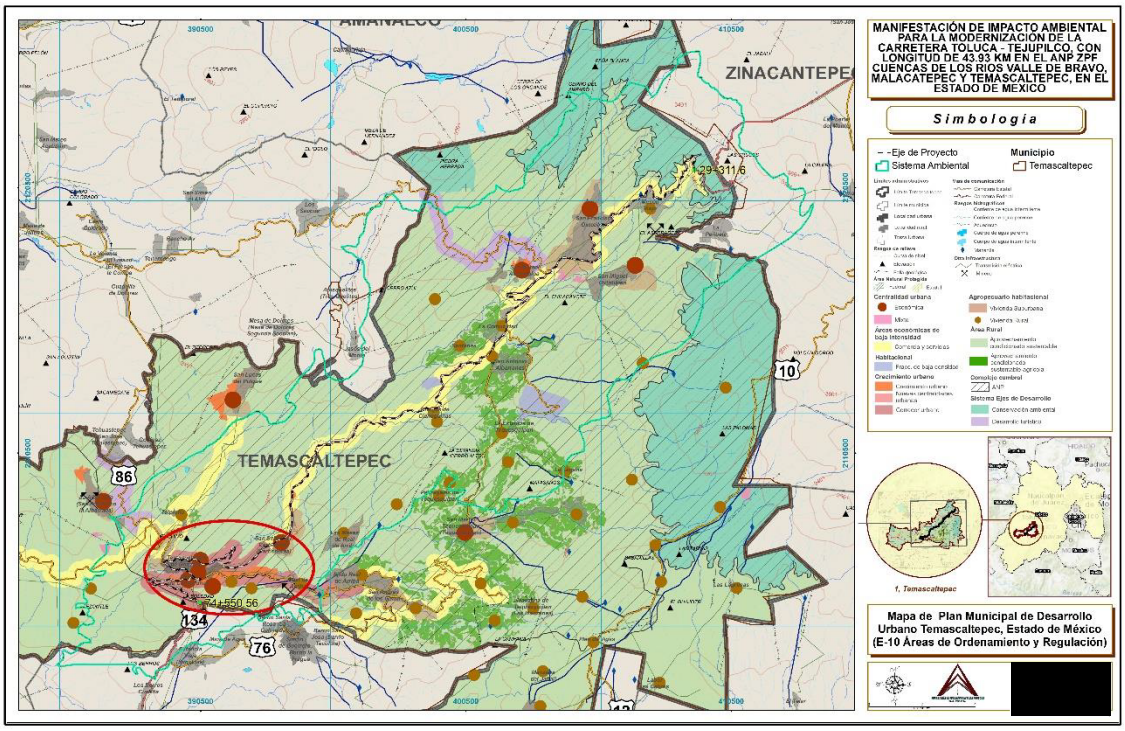


Imagen 2. De acuerdo a la **Carta E-10 Áreas de Ordenamiento y Regulación del PMDU de Temascaltepec**. el proyecto incide al inicio y final del eje carretero en el Sistema Ejes de Desarrollo Conservación Ambiental y en áreas de Crecimiento Urbano en una minoría, y en el Área Rural Aprovechamiento Condicionado Sustentable y en Áreas Económicas de Baja Intensidad Comercio y servicios, en su gran mayoría.

B. DE ORDENAMIENTO URBANO.

1. Sistema Urbano-Rural de Temascaltepec.

El Sistema Urbano del Estado de México agrupa a los 125 municipios pertenecientes a la entidad en seis regiones urbanas, tres de ellas se dividen en subregiones con el fin de identificar problemáticas similares y focalizar políticas y estrategias particulares a cada una de ellas. El municipio de Temascaltepec se encuentra en la región de Tejupilco, que cuenta con seis municipios, cinco categorizados como rurales (Amatepec, Tejupilco, Temascaltepec, Tlatlaya y Luvianos), y un urbano pequeño (San Simón de Guerrero).

El sistema urbano-rural de Temascaltepec, fue desarrollado con base en la clasificación de localidades que dicta IGECEM, 2022, la vocación económica de cada localidad, su comportamiento y tendencias demográficas, así como su localización y conectividad con otras demarcaciones. A partir de ello, se determinó la formación de un sistema urbano-rural y tres sistemas rurales, que fomente la estructuración interna del municipio, así como la integración regional con municipios contiguos. A su vez, se busca que este sistema funcional local, detone el desarrollo equilibrado de cada una de las localidades y propicie la integración del territorio municipal (Tabla 72).

Tabla 72 Sistema urbano-rural de Temascaltepec

Sistema de localidad	Localidad	Población				Tipo de localidad
		2020	2030	2040	2050	
Sistema Urbano-Rural Temascaltepec de González	La Albarrada (San Francisco la Albarrada)	1,395	1,773	2,212	2,711	Pueblo
	Temascaltepec de González	2,469	2,528	2,583	2,635	Pueblo
	San Sebastián Carboneras (Carboneras)	1,617	1,856	2,107	2,368	Pueblo
	San Lucas del Pulque	1,546	1,734	1,928	2,125	Pueblo
	San Andrés de los Gama	1,394	1,618	1,857	2,107	Pueblo
	Barrio de Cantarranas	516	648	801	972	Ranchería
	Telpintla	476	598	739	897	Ranchería
	Rincón de San Andrés	863	873	882	891	Ranchería
	Ejido Real de Arriba	349	414	486	562	Ranchería
	Las Mesas de Real de Arriba	218	268	324	386	Caserío
	Pueblo Nuevo	207	246	288	333	Caserío
	Real de Arriba	291	294	298	300	Caserío
	Los Timbres	255	261	267	272	Caserío
	Carnicería	217	235	253	271	Caserío
	Mina del Rincón	174	180	186	191	Caserío
	Barrio la Cascada (Barrio del Varal)	99	111	123	136	Caserío
	Barrio la Magdalena (La Magdalena)	105	107	110	112	Caserío
	El Tule	86	87	88	89	Caserío
	San José	18	18	18	19	Caserío
Sistema Rural San Pedro Tenayac	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Pueblo
	El Salitre	811	1,019	1,258	1,527	Pueblo
	Potrero de Tenayac	958	1,050	1,143	1,236	Pueblo
	El Peñón	519	603	693	787	Ranchería
	La Finca	604	618	631	644	Ranchería
	El Cerro Pelón	499	529	557	585	Ranchería
	Lampazos	290	373	470	581	Ranchería
	El Chilar del Ejido de las Trancas	82	83	84	85	Caserío
	Salitre Viejo	40	41	43	44	Caserío
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Caserío
Sistema Rural San Mateo Almomoloa	San Mateo Almomoloa	1,820	2,161	2,532	2,930	Pueblo
	San Miguel Oxtotilpan	1,263	1,500	1,757	2,033	Pueblo
	San Francisco Oxtotilpan	1,506	1,632	1,758	1,882	Pueblo
	Santanas	948	1,126	1,319	1,526	Pueblo
	Mesón Viejo	510	678	882	1,123	Pueblo
	Potrero de San José (La Rinconada)	942	964	985	1,004	Pueblo
	San Antonio Albarranes	730	738	746	754	Ranchería
	La Comunidad	698	714	730	744	Ranchería
	Granjas de Cieneguillas	293	329	365	403	Caserío
	Hoyos de Vázquez	69	77	86	95	Caserío
	Cieneguillas de González (Cieneguillas)	75	76	77	77	Caserío
	Fraccionamiento Campestre Rancho Viejo	40	40	41	41	Caserío
	Fraccionamiento Fiesta de los Bosques de Tepehuite	31	32	33	34	Caserío
	La Loba	0	0	0	0	Caserío
Sistema Rural San Martín Tequesquipan	San Martín Tequesquipan (Tequesquipan)	1,120	1,228	1,337	1,445	Pueblo
	La Estancia de Tequesquipan	737	875	1,025	1,186	Pueblo
	Los Ocotes	671	823	994	1,182	Pueblo
	Cieneguillas de Labra	474	596	735	893	Ranchería
	La Guacamaya	432	543	670	814	Ranchería
	Manzana de Tequesquipan (Las Manzanas)	355	446	551	669	Ranchería
	Plan de Vigas	330	415	512	622	Ranchería
	Rincón de Tequesquipan	528	534	540	545	Ranchería
	Labor las Cabras	451	478	504	529	Ranchería
	Rincón de Atarasquillo	500	506	511	516	Ranchería
	Pedregales de Tequesquipan	398	426	455	482	Caserío
	Las Lágrimas	335	355	374	393	Caserío
	Manzana del Jabalí	198	249	307	373	Caserío
	El Salitre	249	279	311	342	Caserío
	La Orejeta	192	236	285	340	Caserío
	Cajones	169	212	262	318	Caserío
	San Juan	227	230	232	234	Caserío
	Milpas Viejas	220	223	225	227	Caserío
	La Laguna	211	213	216	218	Caserío
	La Cumbre	100	112	125	137	Caserío
	El Varal	56	57	57	58	Caserío
	Sabanillas	5	5	5	5	Caserío

Fuente: Elaboración propia con base a proyecciones PMDU, IGECEEM, 2022.

Los sistemas urbano-rurales se estructuran asumiendo que las localidades alcancen los valores estimados en el escenario programático a partir de la aplicación de las distintas estrategias puntuales definidas en el presente plan y que apoyaran como elementos estructurales de planeación.

De lo anterior, y conforme a la siguiente **Carta E-04 Sistema Urbano Rural** del **PMDU de Temascaltepec**, el proyecto se ubica en el **Sistema Rural San Mateo Almolola** y en el **Sistema Urbano-Rural Temascaltepec**.

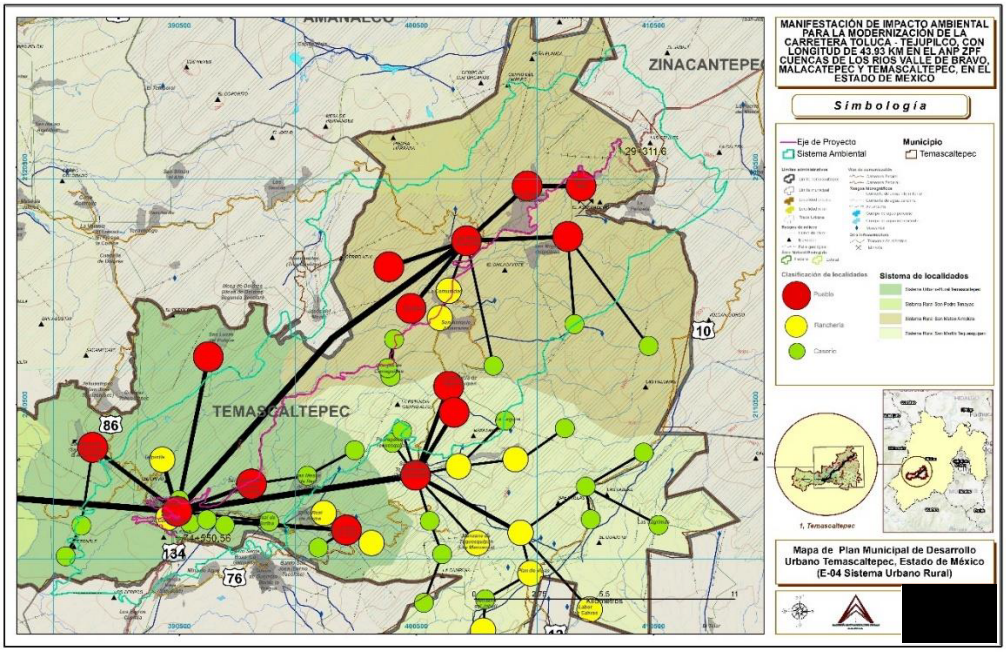


Imagen 1. Ubicación del proyecto en el Sistema Rural San Mateo Almolola y en el Sistema Urbano-Rural Temascaltepec, de acuerdo a la **Carta E-04 Sistema Urbano Rural** del **PMDU de Temascaltepec**.

2. Sistema Urbano.

En el presente apartado se establecen los usos del suelo y las normas generales para el ordenamiento territorial y el pleno desarrollo urbano del municipio de Temascaltepec asimismo atiende lo señalado en la LGAHOTDU y el Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México y su Reglamento. De acuerdo con la división política del Estado de México del IGECEM, el municipio de Temascaltepec cuenta con una superficie de 55,900.11hectáreas.

Cabe señalar, que la definición de la zonificación primaria y secundaria atienden en principio a la definición señalada por la LGAHOTDU, sin embargo, dadas las características y elementos de valor ambiental se realizaron adecuaciones a fin de alinear la normatividad ambiental y urbana vigente.

Zonificación Primaria. La zonificación primaria establece, por una parte, las grandes áreas donde se permite el desarrollo urbano, y por otra, donde se deberá conservar el medio ambiente natural. En el caso de Temascaltepec, dada su inmersión dentro Áreas Naturales Protegidas tanto federales como estatales, las áreas urbanas consideran la delimitación establecida en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec de 2004 y el Programa de Manejo del Área de Protección de Recursos Naturales de la Cuenca de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (PMAPRN) de 2018, con el objetivo de considerar las delimitaciones previstas en ambos instrumentos. Así, dentro del municipio de Temascaltepec solamente se consideró como área urbana a la cabecera municipal y sus localidades, así como la zona de San Pedro Tenayac como nuevo centro urbano. El resto de la población se identificó ubicada en áreas no urbanizables con un patrón de asentamiento marcadamente rural y disperso.

Con base en lo anterior, el territorio de Temascaltepec se clasifica en Área Urbana (AU) y Área No Urbanizable (ANU).

Tabla 73. Clasificación del territorio del municipio de Temascaltepec

Clave de usos	Clasificación del Territorio	Superficie		Porcentaje de ocupación
		Hectáreas (Ha)	Metros cuadrados (m^2)	
AU	Área urbana	3,123.66	31,236,632.84	5.59%
ANU	Área no urbanizable	52,776.44	527,764,425.08	94.41%
	TOTAL	55,900.11	559,001,057.926	100.0%

De lo anterior, y conforme a la siguiente **Carta E-01 Clasificación del Territorio** del **PMDU de Temascaltepec**, el proyecto se ubica en **Área No Urbanizable**, identificándose que a lo largo del camino existente se tienen diversas **Áreas Urbanas**, terminando el eje del proyecto en el Área Urbana de Temascaltepec.

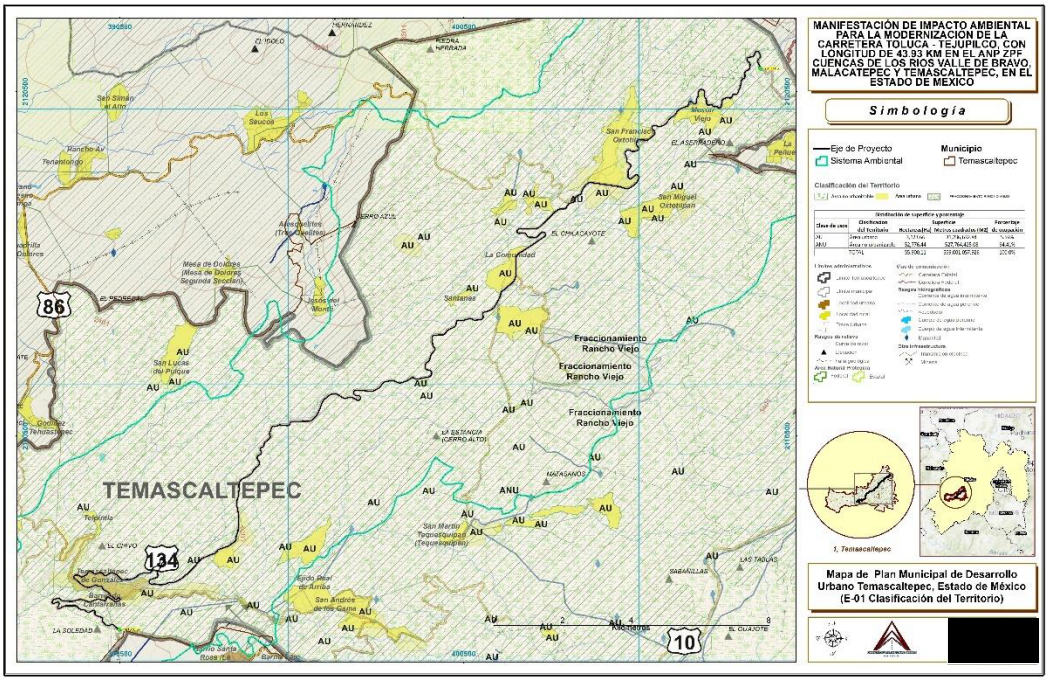


Imagen 2. Ubicación del proyecto en Área No Urbanizable, identificándose que a lo largo del camino existente se tienen diversas Áreas Urbanas, terminando el eje del proyecto en el Área Urbana de Temascaltepec, de acuerdo a la **Carta E-01 Clasificación del Territorio** del **PMDU de Temascaltepec**.

ZONIFICACIÓN SECUNDARIA. La zonificación secundaria asigna los usos del suelo específicos, en donde se establece también la altura máxima permitida, la densidad, el mínimo de área libre y, por consiguiente, el coeficiente de ocupación del suelo y el coeficiente de utilización del suelo; imponiendo regulaciones a la utilización de la propiedad pública y privada.

La zonificación secundaria propuesta para el municipio de Temascaltepec responde a las características físicas, sociales y económicas del territorio, y se plantea en armonía con las política de control y crecimiento de los asentamientos humanos, así como la mezcla de usos del suelo, de prevención de riesgos y desastres, para la conservación del entorno ambiental y de

ordenamiento territorial, las cuales ponen en el centro a la persona a fin de garantizar los derechos humanos de vivienda, de acceso a agua potable, a un entorno ordenado, entre otros; y busca ser un mecanismo para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y en sintonía con la Nueva Agenda Urbana (Ver Plano E-2 Zonificación secundaria).

De lo anterior, y conforme a la **Carta E-02 Zonificación Secundaria y Usos de Suelo** del **PMDU de Temascaltepec** que a continuación se presenta, el proyecto incide en su gran mayoría en áreas de **Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (SSRN2)**, transcurriendo en una minoría en áreas de **Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas (SSE1)**.

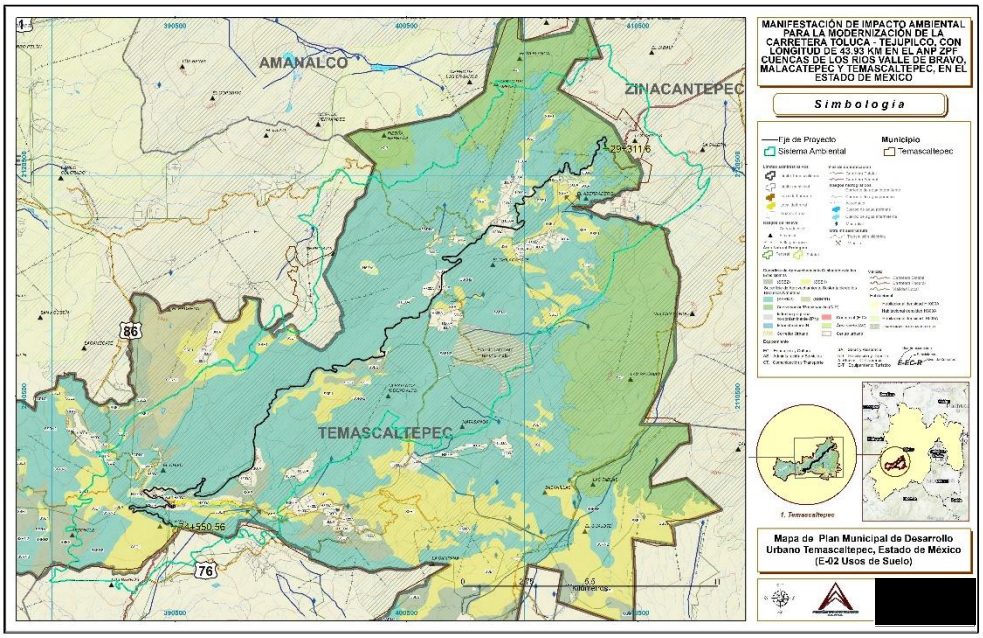


Imagen 3. Ubicación del proyecto en su gran mayoría en áreas de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (SSRN2), transcurriendo en una minoría en áreas de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas (SSE1), de acuerdo a la **Carta E-02 Zonificación Secundaria y Usos de Suelo** del **PMDU de Temascaltepec**.

Uso de Suelo y Normas de Aprovechamiento del Suelo. Con el objetivo de disminuir la desigualdad territorial, fomentar un territorio más equitativo, el correcto ordenamiento territorial basado en un desarrollo sustentable e incluyente, a continuación, se presentan las normas respecto a los usos en congruencia con lo señalado en la tabla de usos del suelo y destinos permitidos, así como, las restricciones de construcción y de más normas aplicables en el presente PMDU de Temascaltepec.

- Uso de Suelo: Zonas No Urbanizables. Las clasificaciones del suelo no urbanizable, responden a la homologación y armonización de los instrumentos normativos del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec de 2004 y el Programa de Manejo Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Las anteriores claves de usos no urbanizables, contenidos en el PMDU de Temascaltepec 2004 eran AGAP-N, N-PAS-N, N-PAR-P Y N-BOS-N, mismas que se adecuaron frente a la zonificación de usos de

Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas (SSE) y Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (SSRN), contenida en el Programa de Manejo antes mencionado, con el objetivo de alinear los instrumentos.

- Normas de Aprovechamiento del Suelo. Los criterios adoptados se orientan a reducir riesgos y a evitar situaciones que impliquen un elevado costo social. Son elementos complementarios a las leyes y reglamentos relacionados con el desarrollo urbano estatal y municipal.

3. Sistema de Ejes de Desarrollo.

Este sistema estratégico tiene por objetivo incidir en el proceso de desarrollo del municipio de Temascaltepec a través de sus tres ejes de desarrollo prioritarios, refiriendo una serie de consideraciones prácticas para una correcta implementación en su territorio. Este eje estratégico prevé el impulso y fortalecimiento de corredores agrícolas, agrícolas ecoturísticos, comerciales, turísticos, ecoturísticos, comercial, turístico de servicios turísticos, así como zonas con vocación agrícola y extractiva.

En la siguiente **Carta E-05 Corredores de Desarrollo** del **PMDU de Temascaltepec** se aprecia que el tramo carretero a modernizar está clasificado como un **Corredor Comercial** con el nombre: **Corredor Mesón Viejo – San Sebastián Carboneras**.

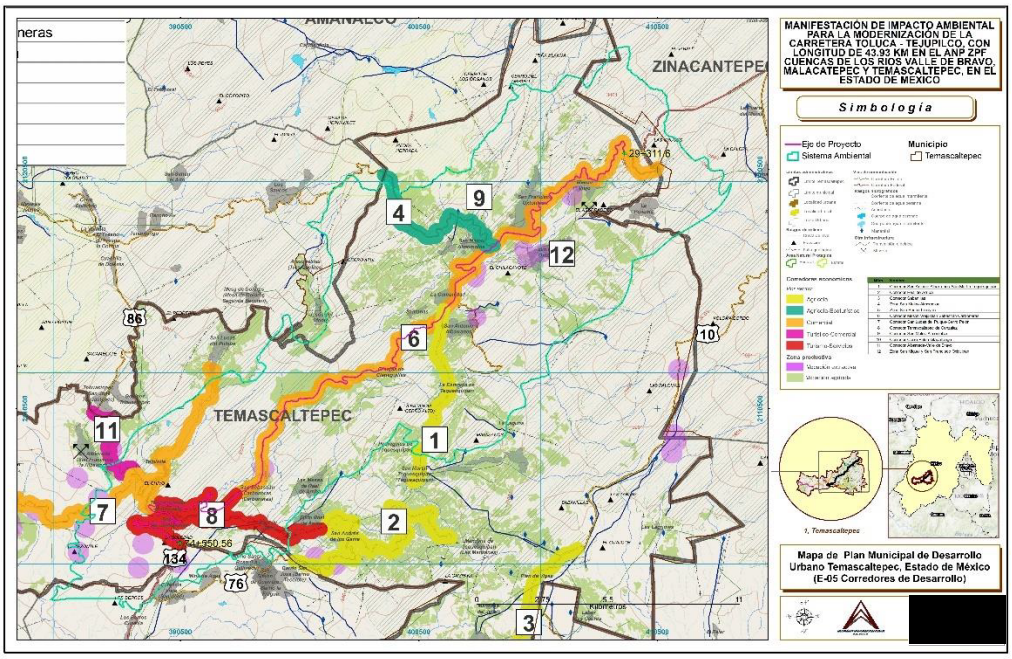


Imagen 1. Ubicación del proyecto en el **Corredor Mesón Viejo – San Sebastián Carboneras**, de acuerdo a la **Carta E-05 Corredores de Desarrollo** del **PMDU de Temascaltepec**.

C. DE ORDENAMIENTO SECTORIAL

1. Sistema de Planeación para el Fortalecimiento Territorial y Urbano.

El sistema de planeación para el fortalecimiento territorial y urbano tiene por objeto promover la vinculación territorial entre la conservación medio ambiental frente a la consolidación de los asentamientos humanos y las actividades económicas que pueden desarrollarse en las distintas localidades de Temascaltepec a fin de propiciar un aprovechamiento sustentable del territorio municipal y la mejora en la calidad de vida de las familias que habitan en el municipio.

La estrategia fue desarrollada a partir de la síntesis del modelo de aptitud territorial y las vocaciones económicas que presentan las distintas localidades del municipio. En este sentido, se detectaron vocaciones agropecuarias, turísticas y de conservación y mezcla de estas mismas. Las estrategias se enlistan por núcleo de desarrollo.

En la siguiente **Carta E-06 Sistema de Fortalecimiento Territorial y Urbano** del **PMDU de Temascaltepec** se aprecia que el tramo carretero a modernizar presenta en su gran mayoría **Aptitud Territorial de Conservación**, y en una minoría **Aptitud Territorial Agropecuaria**.

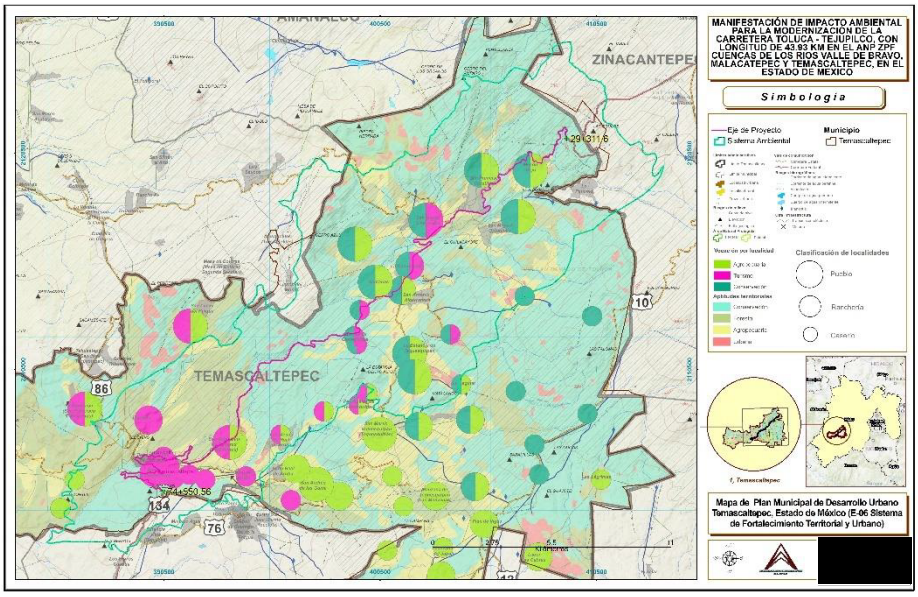


Imagen 1. Ubicación del proyecto en su gran mayoría Aptitud Territorial de Conservación, y en una minoría Aptitud Territorial Agropecuaria, de acuerdo a la **Carta E-06 Sistema de Fortalecimiento Territorial y Urbano** del **PMDU de Temascaltepec**.

3. Sistema de Planeación para la Modernización y Ampliación de la Infraestructura y la Movilidad Sustentable.

El Sistema de Planeación destinado a la infraestructura y movilidad sustentable tiene como principal objetivo el cumplimiento del derecho a la movilidad de las personas en donde todos los modos de transporte convivan de manera integral a través del mejoramiento y conservación de la infraestructura carretera, así como del diseño de nueva infraestructura que agilice la movilidad tanto regional como local del municipio. Las estrategias y acciones de este sistema se mencionan en dos escalas, la regional y la local.

En la siguiente **Carta E-07 Estrategias de Infraestructura y Movilidad Sustentable** del **PMDU de Temascaltepec** se aprecia que la zona onde se ubica el camino existente Toluca - Tejupilco se promueven acciones de **Conservación**.

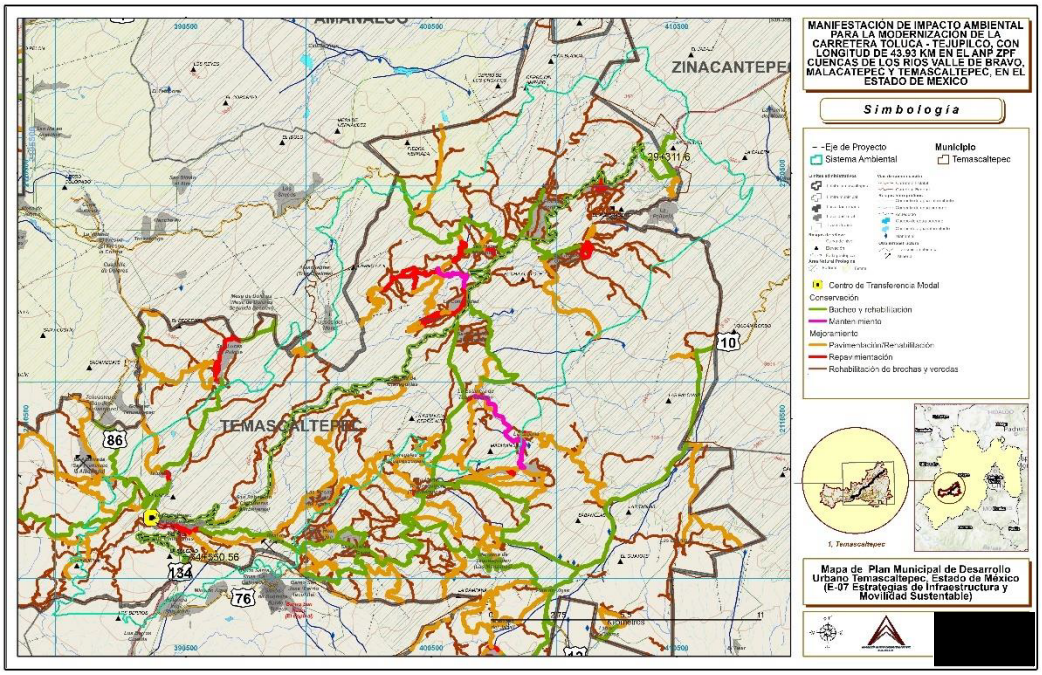


Imagen 1. De acuerdo a la **Carta E-07 Estrategias de Infraestructura y Movilidad Sustentable** del **PMDU de Temascaltepec**, para la carretera a modernizar se proponen acciones de **Conservación**.

Expuesto lo anterior, para el presente proyecto se relacionan las siguientes estrategias:

ESTRATEGIAS:	
De Ordenamiento Territorial y Desarrollo Orientado al Transporte. **1. Sistema de Ordenamiento Territorial y Ambiental:**	En el municipio de Temascaltepec se identifica la centralidad urbana compuesta por un sistema de localidades que se integran con la cabecera municipal, y una nueva centralidad observándose áreas de comercio y servicio, el desarrollo de fraccionamientos de baja densidad. Así mismo se considera imperante definir áreas de crecimiento y corredores urbanos. Por otra parte, se organizará el territorio con base al aprovechamiento condicionado y sustentable. Así mismo se definen el área rural integrada por un sistema agropecuario habitacional (vivienda suburbana y vivienda rural); aprovechamiento condicionado sustentable.
De Ordenamiento Urbano. **1. Sistema Urbano-Rural**	Los Sistemas donde se ubica el presente proyecto son: • SISTEMA URBANO RURAL TEMASCALTEPEC. Se conforma por 19 localidades, distribuidas en 5 pueblos, 4 rancherías y 10 caseríos, y se prevé que para 2050 la población de estas localidades alcance 17,377 habitantes. Este sistema tiene como núcleo a la cabecera municipal Temascaltepec de González, y las localidades conurbadas a ésta, como son el barrio de La

de Temascaltepec:	Cascada, barrio de La Magdalena y barrio Cantarranas. La cabecera municipal concentra la mayoría de los servicios municipales administrativos, comercio e infraestructura asociada a la actividad turística. Para este sistema urbano-rural se tiene la estrategia de consolidar a la cabecera municipal Temascaltepec de González como el principal núcleo urbano-administrativo del municipio, en donde se localicen servicios y comercios especializados; de igual forma se fomentará la infraestructura y actividades turísticas culturales asociadas a la denominación de Pueblo con Encanto. Dentro de este sistema urbano se localizan también las localidades de San Lucas del Pulque y La Albarrada, en las cuales se impulsará el desarrollo de servicios turísticos y comercio, para consolidar un corredor turístico que conecte con el municipio de Valle de Bravo. • SISTEMA RURAL SAN MATEO ALMOMOLOA. Se trata de un sistema rural conformado por 14 localidades, 6 con categoría de pueblo, 2 rancherías y 6 caseríos, todas dentro del territorio del Área Natural Protegida Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Para este sistema se estima una población de 12,647 habitantes en 2050. El núcleo de este sistema rural es la localidad de San Mateo Almomoloa, a partir de la cual se dará impulso a actividades e infraestructura relacionadas con el ecoturismo, específicamente la observación de la mariposa monarca; así también, se promoverá la conservación y restauración de los ecosistemas forestales. En las localidades San Francisco Oxtotilpan, San Miguel Oxtotilpan, y Mesón Viejo se promoverá el desarrollo de actividades agropecuarias y de aprovechamiento sustentable. En este sistema de localidades se encuentran dos fraccionamientos campestres que promueven actividades recreativas de bajo impacto, complementando la oferta turística del municipio contiguo de Valle de Bravo. La articulación del sistema urbano-rural antes descrito será posible mediante la promoción de corredores regionales que permitan la movilidad y el transporte entre localidades, así como el desarrollo de comercio y servicios turísticos. Los corredores más importantes son los siguientes: • TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ y SAN MATEO ALMOMOLOA. Estos dos núcleos urbanos se comunican a través de la Carretera Federal 134, la cual constituye el principal eje de comunicación interna, así como del municipio con la región. La estrategia planteada en este corredor es incrementar y facilitar la mezcla de usos habitacionales con comercio/servicios, consolidándose como la ruta de acceso a las zonas turísticas del municipio, así como la principal vía de comunicación de las localidades ubicadas dentro de la ANP.
De Ordenamiento Urbano. **2. Sistema Urbano:**	Zonificación Primaria: Área No Urbanizable: Corresponde a áreas no aptas para el desarrollo urbano por tratarse de zonas con alto valor ecológico, de alta producción agrícola o con un grado alto de riesgo y vulnerabilidad. Del mismo modo, se han determinado con base en la aptitud territorial con base al Programa Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México vigente y el Programa de Manejo del Área de Protección de Recursos Naturales de la Cuenca de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (PMAPRN) de 2018. Las áreas no urbanizables para el municipio de Temascaltepec comprenden una superficie de 52,776.44 hectáreas, lo que representa el 94.41% del territorio municipal. Dentro del área no urbanizable se encuentran las Áreas Naturales Protegidas (ANP) denominadas Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, el Área de

	Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, el Parque Estatal Santuario del Agua Presa Corral de Piedra y Parque Estatal Los Tres Reyes. Es importante señalar, que dentro de la superficie correspondiente a las ANPs se ubican 47 de los 65 asentamientos humanos registrados en el municipio que a partir de la declaratoria del ANPs, estos asentamientos humanos están dentro de la poligonal de estas zonas de valor ambiental, por lo que si bien, éstas forman parte del área no urbanizable son consideradas como asentamientos humanos sujetos a la aplicación de la normatividad establecida en el presente instrumento, con el objetivo de controlar su crecimiento. Cabe señalar que, con base al Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México, en su artículo 46 se menciona el uso y aprovechamiento del suelo en áreas no urbanizables, permitiéndose en éstas: • Caminos de acceso y comunicación e instalaciones para el suministro de energía eléctrica y recursos hidráulicos para las explotaciones agrícolas, forestales, pecuarias y mineras, así como para su acopio; • Instalaciones, definitivas o provisionales, necesarias para los usos a que se refiere la fracción anterior, así como los indispensables para el aprovechamiento, mantenimiento y vigilancia de parques, áreas naturales protegidas o zonas de valor histórico, artístico y cultural o recreativas, siempre y cuando por sus dimensiones y características no impacten negativamente en su área de influencia; • Fusiones y subdivisiones de predios cuando cuenten con frente a vías públicas o caminos vecinales; • Gaseras, gasolineras, gasolineras e instalaciones para el depósito, procesamiento y distribución de combustibles, así como industriales de alto riesgo, en los términos que indiquen las evaluaciones técnicas de impacto en materia urbana que sustentan la Evaluación de Impacto Estatal y las autorizaciones correspondientes, debiéndose prever un área de amortiguamiento al interior del predio; • Conjuntos urbanos y condominios, solamente del tipo habitacional campestre; • Explotación de minas de materiales no metálicos; • Rellenos sanitarios; • Cementerios y crematorios; y • En general, usos y aprovechamientos de interés público y de beneficio social. Zonificación Secundaria: Uso de Suelo en Zonas No Urbanizables: • SSRN2 Aprovechamiento de los Recursos Naturales. Son áreas para el aprovechamiento, conservación y mejoramiento de la calidad del medio ambiente. Se permitirán las instalaciones recreativas al aire libre y todas aquellas actividades tendientes al mejoramiento del ambiente tales como la reforestación, los viveros, los invernaderos y los parques, actividades turísticas y ecoturísticas de bajo impacto, así como proyectos campestres y rurales alineados al Plan de Manejo de las ANPs previa autorización de las autoridades competentes. Se tendrá una densidad máxima de 0.20 viviendas por hectárea. Se podrán autorizar subdivisiones de predios cuando las fracciones resultantes tengan como mínimo 30,000 m2 de superficie y un frente de cuando menos 150 metros. Las edificaciones podrán tener una altura máxima sin incluir tinacos de 1 nivel ó 3 metros, deberá dejarse como mínimo 95% de la superficie del lote sin construir y una superficie construida máxima equivalente a 0.05 veces la superficie del lote. El suministro de servicios de agua, drenaje y electricidad será a través de sistemas sustentables: paneles solares, calentadores solares, captación

	de agua pluvial, tratamiento de aguas, baños secos o fosas sépticas entre otros. • SSE1 Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas. Se deberá promover y proteger, el desarrollo de las actividades agropecuarias, quedando estrictamente prohibido cualquier tipo de urbanización, fraccionamiento o subdivisión de predios, así como la ocupación de esta zona con usos urbanos. Se podrán autorizar subdivisiones de predios cuando las fracciones resultantes tengan como mínimo 10,000 m2 de superficie y un frente de cuando menos 80 metros. Las edificaciones podrán tener una altura máxima sin incluir tinacos de 1 nivel o 3 metros, deberá dejarse como mínimo 95% de la superficie del lote sin construir y una superficie construida máxima equivalente a 0.05 veces la superficie del lote. Normas de Aprovechamiento del Suelo: Norma 15. Infraestructura para el Aprovechamiento Sustentable. • Todas aquellas futuras construcciones que se pretendan realizar en las superficies de aprovechamiento sustentable (Claves SSRN1, SSRN2 y SSE1), que hayan cumplido con las autorizaciones federales y estatales correspondientes establecidas en materia ambiental, estarán sujetas también a normas específicas de construcción municipal, debiendo incluir criterios de diseño bioclimático y eco tecnologías, que ayuden a aprovechar al máximo los recursos renovables y a su vez reduzcan el consumo de energía. (…) Las vialidades deberán permitir la filtración de agua al subsuelo. Para el cumplimiento de lo anterior el Ayuntamiento emitirá las normas y/o criterios correspondientes. Norma 18. Autorizaciones Ambientales. • Las autoridades ambientales, municipales, estatales y federales según sea el caso serán las únicas autorizadas para permitir la remoción de cobertura vegetal para la creación de áreas de desplante a los proyectos, asimismo, los interesados deberán apegarse a la normatividad de dichas instancias para la obtención de su permiso, debiendo cumplir las medidas de prevención, mitigación o compensación correspondientes.
De Ordenamiento Urbano. **3. Sistema de Ejes de Desarrollo:**	Corredores Comerciales. Los corredores comerciales tienen una gran importancia ya que no son exclusivos de la cabecera municipal, se puede conceptualizar como el espacio geográfico cuya actividad económica es predominantemente comercio, que en su mayoría refiere a un tipo de actividad desarrollada predio a predio en zonas o sectores específicos del municipio, sin que existan formatos de centros y plazas comerciales. El primer corredor comercial propuesto es del tramo de la carretera Toluca-Cd. Altamirano iniciando en la localidad de Mesón Viejo hasta San Sebastián Carboneras, recorriendo suroeste por las localidades de San Francisco Oxtotilpan, San Miguel Oxtotilpan, San Mateo Almomoloa, La Comunidad, Santanas y Cieneguillas de González, ubicando negocios “a pie de carretera”, donde la diversificación de productos y servicios conforman un espectro amplio entre los cuales se encuentran: servicios de comida, restaurantes, tienda de abarrotes, venta de plantas, viveros, artesanías, productos naturistas, refaccionarias, talleres mecánicos, abastecimiento de combustible entre otros más. Este corredor es la entrada a Temascaltepec desde Zinacantepec por la carretera 134 Toluca – Cd. Altamirano donde convergen comercios que atienden

	la demanda de productos y servicios de la población, en su trayecto se encuentra Piedra Herrada y Rancho Viejo que son nodos turísticos donde se adquiere un potencial turístico. Este corredor, si bien dota de servicios a la población local, requiere además de una regulación y la adecuación de una imagen turística, elementos que apoyaría el fortalecimiento del sector.
De Ordenamiento Sectorial. **3. Sistema de Planeación para la Modernización y Ampliación de la Infraestructura y la Movilidad Sustentable:**	Infraestructura Regional. • La estrategia de infraestructura regional está propuesta para desarrollarse en coordinación con instancias de la administración pública federal y estancias de la administración pública del Estado de México, para mejorar y conservar las carreteras regionales, la Carretera 134 Toluca - Ciudad Altamirano y la Carretera a Zacazonapan, como principales ejes de movilidad del municipio así como mejorar o rehabilitar las vialidades primarias que fomenten la articulación del sistema urbano-rural de Temascaltepec. Asimismo, los programas de conservación y mejoramiento buscan mejorar la accesibilidad y los tiempos de traslado entre localidades y centros turísticos y rehabilitar tramos carreteros de manera rápida y eficaz después de un evento de riesgo. En términos de conservación de la infraestructura se busca poner en marcha los programas de bacheo, rehabilitación y mantenimiento de las principales vialidades del municipio que se clasificaron previamente como vialidades regionales y primarias. Lo anterior mediante la coordinación con las autoridades que administran cada una de las carreteras tanto la federal como las estatales. • Las ventajas de la modernización y mejoramiento de los caminos permitirán un sistema en línea en aquellos lugares donde la infiltración del agua puede conllevar problemas, permitiendo un doble uso del espacio, por lo que no es significativa su ocupación en suelo, a su vez; minimizarán la necesidad de realizar excavaciones profundas para colocación de sistemas de drenaje convencionales por lo que eliminarán la presencia de imbornales y colectores, así mismo; reducirá los efectos de la contaminación en el agua de escorrentía, estos materiales presentan resistencia a la falta de mantenimiento, así como flexibilidad en diseño y tipos. Igualmente, se acatará dentro de los programas de mejoramiento y conservación el cumplimiento de las restricciones de construcción tanto federales como estatales y serán plasmados dentro de las Licencias de Uso de Suelo. El mejoramiento y conservación de las vialidades podrá partir de un financiamiento público, así como con asociaciones público privadas en ciertos tramos para ejecutar las obras de infraestructura pertinentes.

Vinculación de la Estrategias con el proyecto:

Conforme a la Estrategia de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Orientado al Transporte 1. Sistema de Ordenamiento Territorial y Ambiental, el proyecto incide al inicio y final del eje carretero en el Sistema Ejes de Desarrollo Conservación Ambiental y en áreas de Crecimiento Urbano en una minoría, y en el Área Rural Aprovechamiento Condicionado Sustentable y en Áreas Económicas de Baja Intensidad Comercio y servicios, en su gran mayoría.

Al respecto, el proyecto realizará diversas medidas ambientales para la restauración de áreas forestales degradadas, la disminución de la erosión del suelo, la prevención de incendios forestales, para los diferentes tipos de residuos que genere el proyecto, etc.,

contribuyendo de esta forma, con la conservación ambiental de la zona donde se ubica el tramo carretero Toluca-Tejupilco.

Por su parte, la Estrategia De Ordenamiento Urbano 1. Sistema Urbano - Rural de Temascaltepec, establece que en el Sistema Rural San Mateo Almomoloa, donde se ubica el proyecto, se promueven las actividades e infraestructura relacionadas con el ecoturismo, la conservación y restauración de los ecosistemas forestales; donde la articulación de este sistema rural será posible mediante la promoción de corredores regionales que permitan la movilidad y el transporte entre localidades, así como el desarrollo de comercio y servicios turísticos, siendo el tramo carretero Toluca-Tejupilco un corredor federal importante donde se permite incrementar y facilitar la mezcla de usos habitacionales con comercio/servicios, consolidándose como la ruta de acceso a las zonas turísticas del municipio, así como la principal vía de comunicación de las localidades ubicadas dentro de la ANP-federal. Para el Sistema Urbano – Rural de Temascaltepec, se tiene la estrategia de consolidar a la cabecera municipal Temascaltepec de González como el principal núcleo urbano-administrativo del municipio, en donde se localicen servicios y comercios especializados.

De lo anterior, y considerando que el tramo carretero a modernizar es la principal vía de comunicación de la zona, la finalidad u objetivo del proyecto es brindar una carretera con las especificaciones técnicas adecuadas para comunicar de manera eficiente y segura a la población de la región con otros centros poblacionales más grandes, para hacer más seguro y eficiente el traslado de bienes, mercancías y personas en la zona, y para permitir una mejor accesibilidad y movilidad de las personas que utilicen esta vialidad, lo cual se vuelve un detonante potencial de desarrollo económico para la región donde se permite la mezcla de usos habitacionales con comercio y servicios; cabe resaltar que el proyecto propone la realización de diversas medidas de mitigación a fin de conservar y restaurar el ecosistema de la zona del proyecto, contribuyendo de esta forma, con esta estrategia de ordenamiento urbano.

De igual forma, la Estrategia De Ordenamiento Urbano 2. Sistema Urbano refiere que la zona del proyecto está definida como Área No Urbanizable (zonificación primaria) donde se permiten los caminos de acceso y comunicación, con Usos de Suelo (zonificación secundaria): Aprovechamiento de los Recursos Naturales (SSRN2), donde se tendrán áreas destinadas para el aprovechamiento, conservación y mejoramiento de la calidad del medio ambiente, donde se permitirán las actividades la reforestación, y los proyectos alineados al Plan de Manejo de las ANPs previa autorización de las autoridades competentes; y Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas (SSE1), donde se promueve y protege el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Al respecto, las obras y actividades, así como, las medidas de prevención, remediación, reducción y compensación que se proponen para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco presentan correlación con lo dispuesto en esta estrategia de ordenamiento urbano, toda vez que, conforme se establece en el PMDU de Temascaltepec, en las áreas no urbanizables se permiten los caminos de acceso y comunicación y se promueven acciones de mejoramiento y conservación en beneficio del medio ambiente. Cabe referir que los trabajos que forman parte del proyecto carretero se presentan a la SEMARNAT para su evaluación, análisis y autorización respectiva, a través de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R), cuyo contenido atiende y/o considera las disposiciones del programa de manejo del área natural protegida federal Nevado de Toluca.

Referente a las Normas de Aprovechamiento del Suelo:

En la Norma 15 Infraestructura para el Aprovechamiento Sustentable se determina que todas aquellas futuras construcciones que se pretendan realizar en la superficie sustentable con clave SSRN2 y SSE1 que cumplan con las autorizaciones federales y estatales en materia ambiental están sujetas a las normas específicas de construcción municipal, debiendo incluir con criterios que ayuden a aprovechar al máximo los recursos renovables; por su parte, la Norma 18 Autorizaciones Ambientales señala que las autoridades ambientales, municipales, estatales y federales, según sea el caso, serán las únicas autorizadas para permitir la remoción de cobertura vegetal para la creación de áreas de desplante a los proyectos, asimismo, los interesados deberán apegarse a la normatividad de dichas instancias para la obtención de su permiso, debiendo cumplir las medidas de prevención, mitigación o compensación correspondientes.

> De lo anterior, se manifiesta que una vez que las obras y actividades del proyecto se encuentren autorizados en materia ambiental se procederá a la gestión de los trámites municipales respectivos. Referente a las actividades de remoción de cobertura vegetal que el proyecto requiere para la modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco se manifiesta que el proyecto se presenta ante la DGIRA de la SEMARNAT, a través de la presentación de esta manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) para obtener la autorización en materia ambiental; sin olvidar mencionar que, las actividades de cambio de uso de suelo en terreno forestal se presentaran de igual forma, a la DGGFSOE de la SEMARNAT para obtener la autorización en materia forestal, cumpliendo de esta manera con lo dispuesto en estas normas de aprovechamiento del suelo.

La Estrategia de Ordenamiento Urbano 3. Sistema de Ejes de Desarrollo especifica que el tramo carretero Toluca–Tejupilco es el primer corredor comercial que ubica negocios a pie de la carretera y donde la diversificación de productos y servicios conforman un espectro amplio entre los que se encuentran: servicios de comida, restaurantes, tienda de abarrotes, venta de plantas, viveros, artesanías, productos naturistas, refaccionarias, talleres mecánicos, abastecimiento de combustible, etc. Este corredor es entrada a Temascaltepec desde Zinacantepec por la carretera 134 Toluca–Cd. Altamirano.

> Al respecto, el presente proyecto no contradice lo dispuesto en esta estrategia de ordenamiento urbano, al contrario, con la modernización de este tramo carretero, el cual está catalogado como el primer corredor del municipio de Temascaltepec, se contribuye con una infraestructura carretera con mejores especificaciones técnicas de operabilidad que permitirá una mejor conectividad y movilidad de bienes, mercancías y personas, así como el desarrollo económico de la región.

La Estrategia de Ordenamiento Sectorial 3. Sistema de Planeación para la Modernización y Ampliación de la Infraestructura y la Movilidad Sustentable establece que la infraestructura regional está propuesta para desarrollarse en coordinación con instancias de la administración pública federal y estancias de la administración pública del Estado de México, para mejorar y conservar las carreteras regionales, como la Carretera 134 Toluca - Ciudad Altamirano, principal eje de movilidad del municipio, buscando mejorar la accesibilidad y los tiempos de traslado entre localidades y centros turísticos y rehabilitar tramos carreteros de manera rápida y eficaz después de un evento de riesgo; así también, para la conservación de la infraestructura se busca poner en marcha los programas de bacheo, rehabilitación y mantenimiento de las

principales vialidades del municipio que se clasificaron previamente como vialidades regionales y primarias.

De lo anterior, la modernización del tramo Toluca-Tejupilco de la Carretera 134 Toluca - Ciudad Altamirano es promovido por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), dependencia de la Administración Pública Federal, con el objetivo de ampliar y mejorar las especificaciones técnicas que presenta esta carretera regional. Lo anterior, permitirá comunicar de manera eficiente y segura a la población de la región con otros centros poblacionales más grandes que cuenten con servicios de salud, educación y otros productos y servicios necesarios para el bienestar social de la población en general; también se proporcionará una carretera con las especificaciones técnicas adecuadas que permitan realizar una maniobra de rebase más segura y evitar así accidentes de esta naturaleza conforme a la normativa de la SICT, para hacer más seguro y eficiente el traslado de bienes, mercancías y personas en la zona; permitirá una mejor accesibilidad y movilidad de las personas que utilicen esta vialidad y de los habitantes de la zona, lo cual, se vuelve un detonante potencial de desarrollo económico para esta región y se tendrá pronta acción de las autoridades ante catástrofes que lastimen la vida natural dentro del área natural protegida, tales como incendios y deslaves; en este contexto, la realización del proyecto carretero presenta correlación con lo dispuesto en esta estrategia de ordenamiento sectorial.

III.6. Normas Oficiales Mexicanas

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales conforme a sus facultades ha emitido en materia de agua, suelo, protección de flora y fauna, ruido, impacto ambiental, residuos, contaminación por fuentes fijas y/o móviles, etc., normas que señalan su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación. Normas que constituyen una herramienta de carácter regulatorio que adecua la conducta de los agentes económicos a los fines del Estado relacionados con la protección del ambiente y el equilibrio ecológico.

Durante la ejecución de las obras y actividades que se proyectan, algunas de las normas oficiales mexicanas que podrán observarse son:

III.6.1. En materia de flora y fauna

NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada DOF 30/diciembre/2010.

Esta norma oficial mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la república mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción.

Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta norma.

Vinculación: Previo a la realización del presente estudio de impacto ambiental, se llevó a cabo una revisión detallada de especies de vida silvestre que pudieran encontrarse en el área de estudio donde se pretende desarrollar obras y actividades para la modernización de la carretera existente Toluca-Tejupilco, resultando la identificación de especies de vida silvestre,

las cuales, se describen con amplitud en el capítulo IV de la MIA-R del proyecto. De manera que, para contribuir con la conservación y protección de las especies de vida silvestre identificadas, se llevarán a cabo diversas medidas ambientales, las cuales se describen en el capítulo VI de la MIA-R del proyecto, entre las que se encuentran las siguientes: Programa de rescate y reubicación de flora silvestre; Programa de rescate, reubicación y ahuyento de fauna silvestre; y Programa de reforestación con especies nativas.

III.6.2. En materia de residuos peligrosos

NOM-052-SEMARNAT-2005. Publicada DOF 23/junio/2006.

Esta norma oficial mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, por lo cual, incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales.

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en lo conducente para los responsables de identificar la peligrosidad de un residuo.

Vinculación: Durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, se generarán residuos peligrosos. Los residuos sólidos peligrosos estarán compuestos por estopas y cartones impregnados de aceite, grasa o algún otro material combustible; botes vacíos de aceite, de grasas, de combustible, de solventes y pintura, piezas inservibles de la maquinaria. Los residuos líquidos peligrosos estarán conformados por aceites usados, restos de pintura y solventes. Al respecto, para los diferentes tipos de residuos que se generarán durante la realización del proyecto se realizarán las siguientes acciones:

- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos, residuos y sustancias peligrosas y residuos de manejo especial, así como, capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos sólidos urbanos y de residuos peligrosos.
- Los residuos sólidos urbanos generados deberán ser recolectados y transportados al relleno sanitario por lo menos una vez por semana, por una empresa autorizada o en su caso se deberán entregar al servicio de recolección municipal; se deberá contar con la autorización para poder depositar los residuos generados en el relleno sanitario municipal.
- Se realizará el transporte de residuos de manejo especial a sitios autorizados, en el caso de restos de excavaciones o cortes que no sean aprovechados, será en bancos de tiro que cuenten con el permiso vigente correspondiente; queda estrictamente prohibida la actividad de tipo a balcón; y
- Se realizará la contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para realizar el transporte hasta el sitio de confinamiento final, mismo que también deberá contar con autorización vigente de su funcionalidad.

III.6.3. En materia de ruido

NOM-080-SEMARNAT-1994. Publicada DOF 15/diciembre/1994.

Esta norma oficial mexicana 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.

La presente norma oficial mexicana se aplica a vehículos automotores de acuerdo a su peso bruto vehicular, y motocicletas y triciclos motorizados que circulan por las vías de

comunicación terrestre, exceptuando los tractores para uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que transitan por riel.

Vinculación: Los vehículos automotores a utilizar durante las diferentes etapas del proyecto deberán sujetarse a las especificaciones que esta NOM contempla para el correcto funcionamiento de los mismos, por lo que, para el control de la emisión de ruido se propone trabajar en horario diurno y realizar la afinación y mantenimiento periódico de vehículos y maquinaria a utilizar durante la construcción del proyecto, esto, para minimizar la generación de niveles altos de ruidos.

III.6.4. En materia de emisiones atmosféricas

NOM-041-SEMARNAT-2015. Publicada DOF 10/junio/2015.

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel permitido y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono; y el factor lambda como criterio de evaluación de las condiciones de operación de los vehículos.

Es de observancia obligatoria para el propietario o legal poseedor, de los vehículos automotores que circulan el país, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kilogramos, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minería.

Vinculación: Los vehículos automotores que transiten por la zona de estudio durante la construcción del proyecto, deberán considerar las especificaciones que esta norma oficial mexicana establece para el correcto funcionamiento de los mismos, toda vez que existirán emisiones a la atmósfera por este tipo de transporte. Por lo que, para reducir la emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores que usan gasolina como combustibles, se propone: utilizar maquinaria y vehículos en buenas condiciones de operación a fin de minimizar la emisión de gases; y realizar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo a dicha maquinaria y equipo automotor a emplear en el desarrollo de las obras y actividades propuestas. Se propone que cada vehículo a utilizar deberá contar con los engomados y documentación que acrediten que se han sometido a los procesos de verificación vehicular, evitando descargas perjudiciales al medio ambiente por parte de los vehículos automotores.

NOM-045-SEMARNAT-2017. Publicada DOF 08/marzo/2018.

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de coeficiente de absorción de luz y el porcentaje de opacidad, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

Su cumplimiento es obligatorio para los propietarios o legales poseedores de los citados vehículos, Centros de Verificación Vehicular, Unidades de Verificación y autoridades competentes. Se excluyen de la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la maquinaria equipada con motores a diésel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.

Vinculación: Los vehículos automotores a utilizar durante la construcción del proyecto deberán cumplir con las especificaciones de esta norma oficial mexicana, en virtud de que los motores de estos vehículos trabajan en su gran mayoría con combustible diésel y, en consecuencia, emiten contaminantes a la atmósfera. Por lo que, para reducir las emisiones por coeficiente de absorción de luz y por ciento de opacidad provenientes del escape de vehículos automotores que usan diésel como combustibles, se propone: utilizar maquinaria y vehículos en buenas condiciones de operación a fin de minimizar la emisión de gases; y realizar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo a dicha maquinaria y equipo automotor a emplear en el desarrollo de las obras y actividades propuestas. Se propone que cada vehículo a utilizar deberá contar con los engomados y documentación que acrediten que se han sometido a los procesos de verificación vehicular, evitando descargas perjudiciales al medio ambiente por parte de los vehículos automotores.

III.6.5. En materia de suelos

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Publicada DOF 10/septiembre/2013.

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de los hidrocarburos en suelos, incluidos en la TABLA 1 y los lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para quienes resulten responsables de la contaminación en suelos con los hidrocarburos incluidos en la TABLA 1.

Vinculación: Esta norma oficial mexicana considera sustancias peligrosas como lo es el aceite o hidrocarburos, por lo que, en caso de que por alguna circunstancia durante la ejecución del proyecto se produzca alguna actividad que pueda incidir en la composición natural del suelo, como, por ejemplo, el derrame de hidrocarburos (diesel, gasolina) o aceites, se deberá actuar de manera inmediata y realizar las acciones emergentes que restauren el suelo, notificando inmediatamente a los supervisores ambientales o de seguridad e higiene el lugar del derrame. Entre las acciones a seguir están las siguientes:

- **Acciones inmediatas**:
  - Inactivar la fuente de contaminación
  - Contener la migración de contaminantes
  - Retirar el suelo visiblemente contaminado

- **Evaluación de riesgo**: que será llevada a cabo por una unidad de verificación o laboratorio externo autorizado.

- **Acciones de remediación**:
  - Se elaborará un plan de remediación según evaluación de riesgo.
  - Se implementarán técnicas de remediación aprobadas.
  - Se verificará el cumplimiento de niveles de limpieza.

III.7. Normas de construcción de la SCT

La normativa para la infraestructura del transporte (Normativa SCT) es el conjunto de criterios, métodos y procedimientos para la correcta ejecución de los trabajos que realizar la Secretaría

de Comunicaciones y Transportes para la infraestructura del transporte y tiene los siguientes objetivos.

- La uniformidad de estilo y calidad en las obras públicas y en los servicios relacionados con ellas, que realiza la Secretaría para la infraestructura del transporte, estableciendo los criterios y procedimientos para la planeación, licitación, adjudicación, contratación, ejecución, supervisión y, en su caso, operación y mitigación del impacto ambiental.
- Establecer los criterios y procedimientos para la concesión de la infraestructura para el transporte.
- Normar las relaciones de la Secretaría con las personas físicas y/o morales que contraten la ejecución de obras públicas y los servicios relacionados con ellas, o a las que se les otorguen concesiones de infraestructura para el transporte.
- Orientar la selección y aplicación de los criterios, métodos y procedimientos más convenientes para la realización de los estudios y proyectos; para la ejecución, supervisión, aseguramiento de calidad, operación y mitigación del impacto ambiental de la infraestructura durante su construcción, conservación, reconstrucción y modernización.

Conforme a lo anterior y teniendo presente que el proyecto es una obra de infraestructura carretera promovida por la SCT, durante el proceso de sus actividades algunas de las normas de construcción que deberán observarse son las siguientes:

III.7.1. Normas sobre terracerías

Normas sobre terracerías	
N.CTR.CAR.1.01.001/11. Desmonte.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la ejecución del desmonte, para carreteras de nueva creación. El desmonte es la remoción de la vegetación existente en el derecho de vía, en las zonas de bancos, de canales y en las áreas que se destinen a instalaciones o edificaciones, entre otras, con objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad.
N.CTR.CAR.1.01.002/11. Despalme.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la ejecución del despalme, para carreteras de nueva creación. El despalme es la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con objeto de evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable.
N.CTR.CAR.1.01.003/11. Cortes	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de cortes para carreteras de nueva creación. Los cortes son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación de taludes, en rebajes en la corona de cortes o terraplenes existentes y en derrumbes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o lo ordenado por la Secretaría.
N.CTR.CAR.1.01.005/11. Excavación para canales	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la excavación para canales en terracerías, para carreteras de nueva creación. Las excavaciones para canales son las que se ejecutan a cielo abierto, con objeto de formar la sección de cauces artificiales o para la rectificación de cauces naturales, que capten los escurrimientos y desalojen el agua hacia las alcantarillas, a una cañada inmediata o a una parte baja del terreno, en un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.

N.CTR.CAR.1.01.007/11. Excavación para estructuras	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la excavación para estructuras de carreteras de nueva creación. Las excavaciones para estructuras son las que se ejecutan a cielo abierto en el terreno natural o en rellenos existentes, para alojar estructuras y obras de drenaje, entre otras.

III.7.2. Normas sobre estructuras

Normas sobre estructuras	
N·CTR·CAR·1·02·003/04. Concreto hidráulico	La norma menciona los aspectos a considerar en la fabricación y utilización de concreto hidráulico en estructuras y obras de drenaje, para carreteras de nueva construcción. El concreto hidráulico es una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. Se clasifica en: Concreto Normal, Concreto Ligero, Concreto Lanzado y Concreto Ciclópeo.
N.CTR.CAR.1.02.004/02. Acero para concreto hidráulico.	La norma contiene los aspectos por considerar en la utilización del acero para concreto hidráulico en construcción de puentes, estructuras y obras de drenaje, para carreteras de nueva construcción. El acero para concreto hidráulico lo constituyen las varillas, alambres, cables, barras, soleras, ángulos, rejillas o mallas de alambre, metal desplegado u otras secciones o elementos estructurales que se utilizan dentro o fuera del concreto hidráulico, instalados en ductos o no, para tomar los esfuerzos internos de tensión que se generan por la aplicación de cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

III.7.3. Normas sobre drenaje y subdrenaje

Normas sobre drenaje y subdrenaje	
N.CTR.CAR.1.03.001/20. Alcantarillas de lámina corrugada de acero	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de alcantarillas de lámina corrugada de acero como obras de drenaje para carreteras de nueva construcción. Las alcantarillas de lámina corrugada de acero son estructuras flexibles que se construyen mediante tubos o arcos de lámina corrugada de acero, gormas por dos o más placas ensambladas y colocadas sobre el terreno en una o varias líneas para dar paso libre al agua de un lado a otro de la vialidad. Según el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén; según su ubicación se clasifican en normal y esviajada; según su geometría se clasifican en alcantarillas de tubo circular, de tubo abovedado o de bóveda; y según su modo de ensamble se clasifican en anidables y seccionables.
N.CTR.CAR.1.03.002/20. Alcantarillas tubulares de concreto.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de alcantarillas tubulares de concreto, como obras de drenaje para carreteras de nueva construcción. Las alcantarillas tubulares de concreto son estructuras rígidas, que se construyen mediante tubos de concreto con o sin refuerzo, colocados sobre el terreno en una o varias líneas para dar paso libre al agua de un lado a otro de la vialidad. Según

	el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén, según su ubicación se clasifican en normal y esviajada.
N.CTR.CAR.1.03.014/09. Alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad, como obras de drenaje para carreteras de nueva construcción. Las alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad son estructuras flexibles, que se construyen mediante este tipo de tubos colocados sobre el terreno en una o varias líneas para dar paso libre al agua de un lado a otro de la vialidad. según el terreno donde se construyan pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén; según su ubicación se clasifican en normal y esviajada.

III.7.4. Normas sobre pavimentos

Normas sobre pavimentos	
N.C.TR.CAR.1.04.001/03. Revestimientos estabilizados y no estabilizados.	La norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de revestimientos como superficies de rodadura para caminos, ya sean estabilizados con cloruro de calcio o sin estabilización. El revestimiento es una capa de materiales pétreos seleccionados, con una composición granulométrica determinada, que se coloca sobre las terracerías con el objeto de servir como superficie de rodadura. Si lo indica el proyecto o lo ordena la Secretaría, se estabiliza con cloruro de calcio, para mejorar su nivel de servicio y disminuir la generación de polvo durante el paso de los vehículos.
N.CTR.CAR.1.04.005/00. Riegos de liga.	La norma contiene los aspectos a considerar en la aplicación de riegos asfálticos de liga en la construcción de carreteras y autopistas. Consiste en la aplicación de un material asfaltico sobre una capa de pavimento, con objeto de lograr una buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se construya encima. Normalmente se utiliza una emulsión asfáltica de rompimiento rápido. La aplicación del riego de liga puede omitirse si la carpeta asfáltica que se construirá encima tiene un espesor mayor o igual que diez (10) centímetros.
N.CTR.CAR.1.04.006/04. Carpetas asfálticas con mezcla en caliente.	La norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de carpetas asfálticas con mezcla en caliente, para pavimentos de carreteras de nueva construcción. Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, son aquellas que se constituyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación. Según la granulometría del material pétreo que se utilice, pueden ser de granumelotria densa, semiabierta o abierta.
N.CTR.CAR.1.04.007/20. Carpetas asfálticas con mezcla en frío	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de carpetas asfálticas con mezcla en frío, para pavimentos de carreteras de nueva construcción. Las carpetas asfálticas con mezcla en frío son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa o continua y cemento asfáltico en emulsión, modificado o no, en su caso, aditivos y adiciones, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura.

	Estas carpetas, debido a que generalmente tienen espesores mayores a cuatro (4) centímetros, tienen la función estructural de soportar y transmitir la carga de los vehículos hacia las carpetas inferiores del pavimento.
N.CTR.CAR.1.04.009/20. Carpetas de concreto hidráulico.	Esta norma contiene los aspectos por considerar en la construcción de carpetas de concreto hidráulico para pavimentos de carreteras de nueva construcción. Las carpetas de concreto hidráulico son las que se construyen mediante la colocación de una mezcla de agregados pétreos, cemento Portland, en su caso, aditivos y adiciones, agua, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Tienen además la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.

Vinculación del proyecto con las normas de construcción de la SCT: El desarrollo de la infraestructura carretera en nuestro país requiere de especificaciones que regulen su proceso constructivo, siendo la SCT a través del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) la encargada de desarrollar Normas Técnicas, que establezcan las bases para diseño, desarrollo, operación y mantenimiento de la infraestructura del trasporte, así como las características y calidad de los materiales y de la maquinaria a emplear en el desarrollo de obra pública y los servicios que se deriven de ella.

Al respecto, el proyecto se vincula con estas normas, ya que éstas proponen valores específicos para su diseño, características y calidad de los materiales y de los equipos de instalación permanente, así como, los métodos generales de ejecución, medición y base de pago de los diversos conceptos de obra y, en general, todos aquellos aspectos que se puedan convertir en especificaciones al incluirse en los proyectos o en los términos de referencia para la ejecución de las obras públicas y de los servicios relacionados con la infraestructura del transporte, éstos valores, métodos y especificaciones orientan la ejecución, supervisión, aseguramiento de calidad, operación y mitigación del impacto ambiental de la infraestructura carretera durante su construcción, conservación, reconstrucción y modernización.

III.8. Conclusiones

El proyecto refiere obras y actividades para la modernización de 43.94 kilómetros de longitud del tramo Toluca – Tejupilco de la carretera federal MEX 134 Toluca – Ciudad Altamirano, misma que, actualmente presenta características de tipo C, es decir, presenta 2 carriles con un ancho de calzada de 7 metros. A través del proyecto se modernizará a una carretera tipo A2, lo que significa que se reducirá el grado de curvatura, se disminuirá la pendiente gobernadora, se ampliará el ancho de calzada a 13 metros y el número de carriles serán dos, cada uno de 3.5 metros; además se construirán dos acotamientos en los extremos, cada uno de 3 metros.

Proyecto que, por su ubicación, dimensión, características y alcance involucra la observancia de diversas disposiciones jurídicas existentes en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente; es así que, de acuerdo a lo presentado en este capítulo III, a continuación, se describe de manera puntual la concordancia entre las obras y actividades del proyecto y las principales normas jurídicas analizadas.

Conforme a **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (LGGEPA) y su **Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental** (REIA), las obras relacionadas con la construcción o modernización de caminos o carreteras (vías generales de comunicación) y las actividades de remoción de vegetación (cambio de uso de suelo en terreno forestal) que, además se ubiquen dentro de un área natural protegida de competencia federal (Nevado de Toluca) requieren de autorización en materia ambiental por parte de la autoridad federal competente por las posibles alteraciones o afectaciones ambientales que procedan con la realización de estos trabajos, por lo que, en cumplimiento a lo establecido en esta Ley y su REIA, se presenta a la SEMARNAT la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIA-R) del presente proyecto para su análisis y resolución respectiva.

Del análisis realizado al **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio**, resulta que las obras y actividades que se proponen para la construcción del proyecto no contravienen las políticas ambientales de "aprovechamiento sustentable, protección, restauración y preservación" establecidas para la zona donde se plantea el proyecto; de igual modo, no contradice lo dispuesto en las estrategias sectoriales de las unidades ambientales biofísicas aplicables: "**UAB 120 Depresión de Toluca**", "**UAB 55 Sierras Mil Cumbres**" y "**UAB 66 Depresión de Balsas**", pues en ellas no se establecen prohibiciones para el desarrollo del sector carretero en el país, al contrario, se promueve la construcción y modernización de la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.

Por su parte, el Modelo del **Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México** propone unidades de gestión ambiental a las cuales se aplican políticas ambientales, lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológico con la finalidad de minimizar conflictos ambientales y favorecer un desarrollo sustentable.

Al respecto, la realización de las obras y actividades que forman parte del presente proyecto no contradicen lo establecido en la política ambiental "ANP-Federal", misma que incluye y aplica a las áreas naturales protegidas, en este caso al área natural protegida "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México", y señala al Decreto y al Programa de Manejo como instrumentos de política ambiental para la regulación de estas zonas; de igual forma, no quebranta lo definido en la política ambiental de "Zonas Urbanas-Urbanizables" toda vez que son espacios que requieren ser reglamentados a través de un documento de planeación urbana donde se garantice la sustentabilidad y un medio ambiente sano a la población asentada; ni lo establecido en la política ambiental de "Protección" en la cual, se permite el uso y manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y que no impacte negativamente sobre el ambiente. Así también, los criterios de regulación ecológica de las unidades de gestión ambiental (UGAs) aplicables al área a intervenir (**UGA ANPF-009, UGA-0874 Y UGA-55**) no señalan prohibición alguna para el desarrollo de los trabajos propuestos, en este caso, para la modernización del tramo carretero Toluca - Tejupilco, estableciéndose en ellos sólo condiciones, recomendaciones o reglas para la realización de diversas obras y/o actividades, entre estas, la infraestructura carretera.

Referente al **Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca del Territorio del Estado de México**, este busca la resolución de conflictos ambientales en la región a través de un conjunto de lineamientos y estrategias ecológicas, plasmados en las unidades de gestión ambiental.

De lo anterior, la estrategia ecológica que incluye los objetivos y los criterios de regulación ecológica, así como, los lineamientos ecológicos establecidos en las unidades de gestión ambiental aplicables (**U-89-4, U-89-5, U-85-17, U-85-24, U-89-3, U-85-20, U-89-6, U-85-21, U-89-12, U-87-16, U-87-15, U-87-17, U-85-31, U-85-32, U-85-30 y U-85-11.**), promueven el mantenimiento del aprovechamiento forestal productivo, del uso para bienes y servicios ambientales y del uso agropecuario; también, la disminución de la erosión hídrica con deformación del terreno y con pérdida de suelo, así como, la perdida de la función productiva y tierras sin uso; de igual forma, evitar el establecimiento de asentamientos humanos en zonas de riesgo y disminuir el grado de rezago social en zonas con niveles de marginación muy alto y alto; y mantener la calidad de las áreas naturales protegidas decretadas y la calidad de las áreas prioritarias para la provisión de bienes y servicios ambientales, que no cuenten con decreto. Dichas estrategias ecológicas, no refiere prohibición alguna para la realización de las obras y actividades proyectadas, en este caso, para la modernización de un tramo carretero de 43.93 kilómetros de longitud, asimismo, el proyecto no contradice lo dispuesto en la política ambiental de "Protección" aplicable, la cual, promueve la preservación de los ambientes naturales con características relevantes, aplicable a las áreas naturales protegidas federales, también, no quebranta lo establecido en la política ambiental de "Aprovechamiento Sustentable" en la cual, se permite de forma sustentable la explotación y el manejo de recursos naturales renovables y o renovables.

Del **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio Subcuenca Nevado Sur** se manifiesta que el Modelo de Ordenamiento de este programa se basa en unidades de gestión ambiental, a las cuales se le asignan políticas ambientales, lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica. El modelo sintetiza las condiciones del territorio y sirve de base para seleccionar las medidas a ejecutar, en función de la aptitud, uso de suelo actual y nivel de conflicto entre ambos, con el fin de alcanzar la optimización del uso del espacio, revertir los impactos ocasionados por la incompatibilidad entre la aptitud y uso del territorio y crear condiciones que permitan el desarrollo de la población desde una perspectiva sustentable.

Al respecto, la realización de las obras y actividades que forman parte del presente proyecto no contradicen lo establecido en las políticas ambientales de: "Protección" y "Protección-Restauración" aplicables a las áreas naturales protegidas, donde las actividades antrópicas han modificado en mayor o menor grado, la dinámica natural de los ecosistemas; y la política de "Restauración-Conservación", donde se promueven prácticas de recuperación ambiental tendientes a la conservación de la biodiversidad. Así también, los criterios de regulación ecológica de las unidades de gestión ambiental aplicables al área a intervenir (**B18-ANP, B20-ANP, B21-ANP, B27-ANP, B28-ANP, B19-ANP, A3-ANP y B6**) no señalan prohibición alguna para el desarrollo de infraestructura carretera, en este caso, para los trabajos propuestos para la modernización del tramo carretero Toluca - Tejupilco, estableciéndose en ellos sólo condiciones, recomendaciones o reglas que norman los diversos usos de suelo en el área de ordenamiento.

Como resultado del análisis realizado al **Programa de Manejo del Área Natural Protegida Federal "Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Edo. de México"** se tiene que las obras y actividades que forman parte del presente proyecto de modernización del tramo carretero Toluca-Tejupilco no contradicen las disposiciones contenidas en este instrumento de política ambiental, toda vez que se realizarán las condiciones o recomendaciones establecidas para la construcción de infraestructura en las Subzonas de la Zona de Amortiguamiento y en las

Reglas Administrativas, esto, a través de la ejecución de las medidas de prevención, remediación, reducción y compensación que se proponen en el contenido del capítulo seis (6) de la MIA-R del proyecto, para evitar en la medida de lo posible, mayor división en el ecosistema, la interrupción de los corredores biológicos y de los sitios de anidación, reproducción, refugio y alimentación de las especies nativas, a través de la construcción de pasos de fauna, así como, evitando la remoción de vegetación forestal fuera de la superficie autorizada, y el depósito de cualquier tipo de residuos, producto de la construcción, en los cuerpos de agua, entre otros; asimismo, se atenderán las restricciones y recomendaciones señaladas y relacionadas con los suelos, cuerpos de agua, y la flora y fauna, para no incurrir en alguna de ellas.

En relación al **Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec** analizados, se tiene que la realización de las obras y actividades que se proyectan para la modernización del tramo Toluca-Tejupilco presentan congruencia con lo dispuesto en las Estrategias de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Orientado al Transporte, de Ordenamiento Urbano, y de Ordenamiento Sectorial de ambos documentos de planeación urbana.

En el Sistema de Planeación para la Modernización y Ampliación de la Infraestructura y la Movilidad Sustentable de Temascaltepec promueve la mejora y la conservación de las carreteras regionales, en este caso, de la Carretera 134 Toluca- Ciudad Altamirano, principal eje de movilidad del municipio, en coordinación con la administración pública federal, a fin de mejorar la accesibilidad y los tiempos de traslado entre localidades y centros turísticos de la región.

La concordancia del proyecto con el **Programa Nacional de Infraestructura 2025** y el **Plan de Desarrollo del Estado de México 2023 – 2029** analizados radica en que éstos tienen como objetivo el brindar una movilidad segura, digna y eficiente para disminuir los tiempos de traslado, mejorar las condiciones de vida, brindar una mayor seguridad y accesibilidad a la población, favoreciendo de esta manera a la integración regional del país, y mejorar la accesibilidad de la población a destinos, bienes y servicios.

Es significativo mencionar que, la realización del proyecto implica o genera impactos únicamente por ocupación de suelo y no por generación continua de contaminantes al aire, agua o suelo, ni por el aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables de forma permanente. Los impactos ambientales que se originarán durante las etapas de preparación del sitio y construcción son prevenibles, mitigables y compensables. Una vez construido el proyecto no se producirán más impactos sobre el medio ambiente.

En síntesis, para el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, no se encontraron incongruencias ni incompatibilidades en todas y cada una de las partes y niveles jerárquicos normativos que en el inciden, por el contrario, se observa un proceso armonioso de observancia jurídica aplicable con el que se cumple, por lo cual, se considera que la construcción del proyecto es viable jurídicamente al cumplir con todos estos elementos de forma y fondo.

III.9 Bibliografía

- CONSTITUCIÓN Política de los Estados Unidos Mexicanos, CPEUM.
- LEY General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y REGLAMENTO en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).

- LEY General de Desarrollo Forestal Sustentable y REGLAMENTO.
- LEY General de Vida Silvestre y REGLAMENTO.
- LEY General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y REGLAMENTO.
- LEY General de Cambio Climático.
- LEY Federal de Responsabilidad Ambiental.
- LEY de Aguas Nacionales y REGLAMENTO.
- LEY de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.
- PROGRAMA de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
- PROGRAMA de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.
- PROGRAMA de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca del Territorio del Estado de México.
- PROGRAMA de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur.
- DECRETO y PROGRAMA DE MANEJO del Área Natural Protegida Federal "Zona Protectora Forestal los terrenos Constitutivos de las Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Estado de México".
- PROGRAMA Nacional de Infraestructura Carretera 2025-2030.
- PLAN de Desarrollo del Estado de México 2023 – 2029.
- PLAN Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec.
- NORMAS Oficiales Mexicanas:
    - NOM-059-SEMARNAT-2010. Flora y fauna.
    - NOM-052-SEMARNAT-2005. Residuos peligrosos.
    - NOM-080-SEMARNAT-1994. Ruido.
    - NOM-041-SEMARNAT-2015. Emisiones atmosféricas.
    - NOM-045-SEMARNAT-2017. Emisiones atmosféricas.
    - NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Suelos.

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

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto. 2

IV.1.1 Proceso de delimitación del SAR 3

IV.1.2 Delimitación del Área de Influencia 7

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

IV.2.1 Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SAR. 9

IV.2.2 Análisis de los componentes del SAR 15

IV.2.2.1 Medio abiótico. 15

IV.2.2.2 Medio biótico. 42

IV.2.2.3 Medio Socioeconómico 179

IV.3 Diagnóstico de la calidad visual del paisaje 183

IV.3.1Metodología 183

IV.3.2 Sitios de evaluación del paisaje 186

IV.3.3 Resultados 186

IV.4 Áreas de Importancia Biológica 192

IV.5 Diagnóstico Ambiental 197

IV.5.1 Diagnóstico Ambiental en Base a la Ponderación de los Factores en Campo 198

IV.5.2 Resultados 199

IV.6 BIBLIOGRAFÍA 211

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

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO.

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) es la base para entender la relación que guarda el proyecto que se pretende construir, con su entorno ambiental, el SAR nos sirve para realizar un diagnóstico integral que permite conocer las condiciones actuales, sus tendencias de desarrollo y deterioro, así como establecer los pronósticos derivados de los posibles efectos del proyecto sobre dichas condiciones, siendo así las "*actividades humanas las que se desarrollan en ecosistemas que pueden definirse como sistemas funcionales estructurados jerárquicamente, formados por almacenes y flujos de materia y energía manifestándose a distintas escalas temporales y espaciales*" (García Oliva, 2005; Maass y Martínez-Yrízar, 1990).

El objetivo de la delimitación de un SAR, es básicamente la integración de diversa información del lugar a diagnosticar y su traducción en un sistema de unidades ambientales homogéneas, donde cada *"área debe guardar cierta homogeneidad interna de caracteres bióticos y físicos en que se divide el territorio pretendiendo efectuar una síntesis de los caracteres más notables de cada una de las observaciones temáticas*" (González y Díaz, 1974).

La delimitación del SAR, debe incluir unidades territoriales homogéneas y completas en las que se integra, se toma en cuenta información de cada tipo de información con criterios dominantes y las bases legales existentes.

De acuerdo con los términos de referencia para una manifestación de impacto ambiental (modalidad regional) del proyecto de carreteras de la SICT, dice que se *"examinarán los componentes del ambiente que permitan definir una región relativamente homogénea, con interacciones tales que configure un sistema ambiental por sus propiedades de uniformidad y continuidad en sus componentes ambientales (geoforma, cuencas y subcuencas, cuerpos y corrientes de agua, tipo de suelo, flora, fauna, población humana, paisaje, u otros debidamente fundamentados), e incluso se puede delimitar por la regionalización establecida por las Unidades de Gestión Ambiental del ordenamiento ecológico (cuando exista para el sitio y esté decretado y publicado en el diario Oficial de la federación o en el boletín o periódico Oficial de la entidad federativa correspondiente)"*.

Para realizar el análisis de las diferentes capas de las fuentes de información, es necesario seguir un proceso metodológico; Galocho (2008) menciona que *"existen dos caminos metodológicos que se pueden usar, el método de cartografía directa y el de sobreposición digital"*, se considera al segundo método, como el más apropiado de acuerdo a los insumos con los que se cuentan, además de que permite apoyarse en tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica.

Una vez que se cuenta con las diferentes capas de información y ArcGis como herramienta de tecnología SIG, se analizarán cada uno de las componentes, se establecerá la delimitación definitiva del sistema ambiental regional, tomando en cuenta cada uno de los criterios que se marcan dentro de los términos de referencia de la SICT.

Finalmente, el SAR será entendido como el espacio geográfico descrito y delimitado como una unidad funcional, cuyos elementos y procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos, dada su continuidad, interactúan para mantener un equilibrio que permita su desarrollo sostenible, cuya delimitación puede derivar de la uniformidad y continuidad de sus ecosistemas.

IV.1.1 Proceso de delimitación del SAR

El presente proyecto es la continuación de la modernización carretera del proyecto Toluca Tejupilco que tiene como meta en este proyecto una longitud de 43.93 km presentes en el Estado de México, específicamente en el Municipio de Temascaltepec.

La delimitación del SAR del presente proyecto, se realizó con base en los lineamientos establecidos por las autoridades ambientales competentes, para ello, se revisaron insumos cartográficos provenientes de fuentes oficiales, entre las que destacan:

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET).

Por tanto, se procedió a lo siguiente:

1. Se verificó que el proyecto estuviera georreferenciado y posteriormente se convirtió el eje del proyecto de .CAD a SHP (ver figura 1).

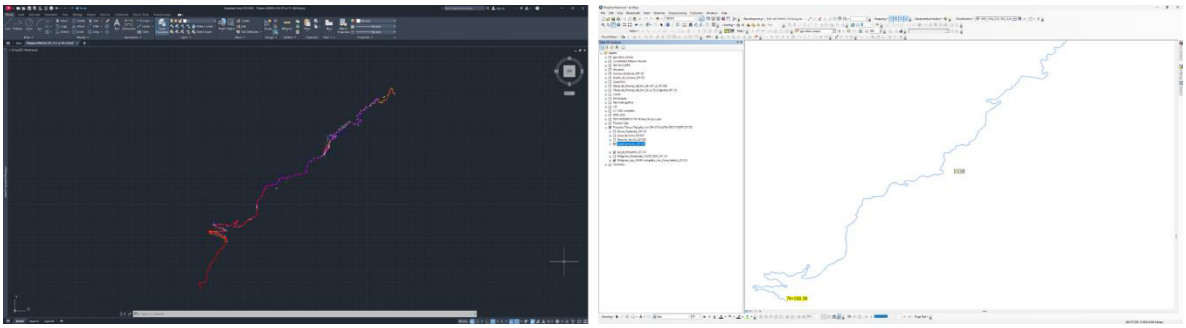


Figura 1. Eje de proyecto en formato .CAD y .SHP

2. Se sobrepusieron las siguientes cartas temáticas en ArcGis:
   - Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México
   - Modelo de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.
   - Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de la Subcuenca Nevado Sur.
   - Subzonificación de Z.P.F.T.C.C. de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec

- Microcuencas FIRCO.
- Uso de suelo y tipos de vegetación SVII
- Edafología
- Degradación de suelos
- Geología
- Red Hidrográfica
- Curvas de Nivel
- Hidrología Subterránea
- Áreas Naturales Protegidas
- Entre otras más…

Se inició verificando que en la región del proyecto existieran Ordenamiento Ecológicos Estatales y/o regionales, y se encontró que, por la zona existen varios ordenamientos los cuales, se analizaron para tomar en cuenta la delimitación.

3. Realizando un análisis de cada una de las capas mencionadas, se tomó en cuenta lo siguiente, para comenzar a delimitar el SAR:

    - ***Microcuencas FIRCO:*** Se inicia la delimitación por el lado norte del proyecto, con las unidades que lleva por nombre el contadero de Matamoros, Corra y Los Saucos (Figura 2).

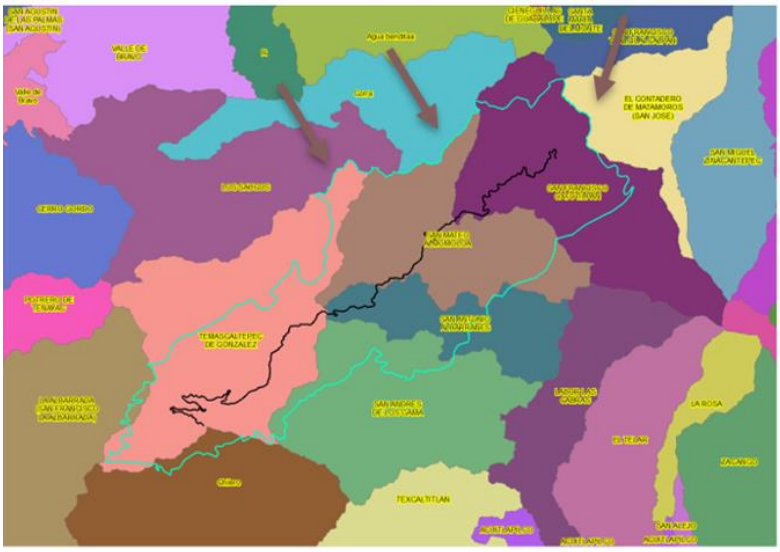


Figura 2. Delimitación por Microcuencas FIRCO. Fuente: Carta de Microcuencas FIRCO.

- ***Uso de Suelo y Tipos de Vegetación***: siguiendo la delimitación, por medio de esta capa temática se delimitó el flanco noreste del SAR; se tomó el límite de las franjas de Bosque de Pino, en la zona sur se delimitó por los límites de bosque de Pino-Encino, Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino, Agricultura de Temporal anual y permanente, y al noreste de bosque de Pino-Encino (Figura 3).



Figura 3. **Delimitación por Uso de Suelo y Vegetación. Fuente: INEGI. Carta de Uso de suelo y vegetación, 1:250, 000. 2005.**

- ***Edafología:*** Para seguir con la delimitación en la zona norte se delimitó con el tipo de suelo Andosol y completando la zona sur con el tipo de suelo Phaeozem.

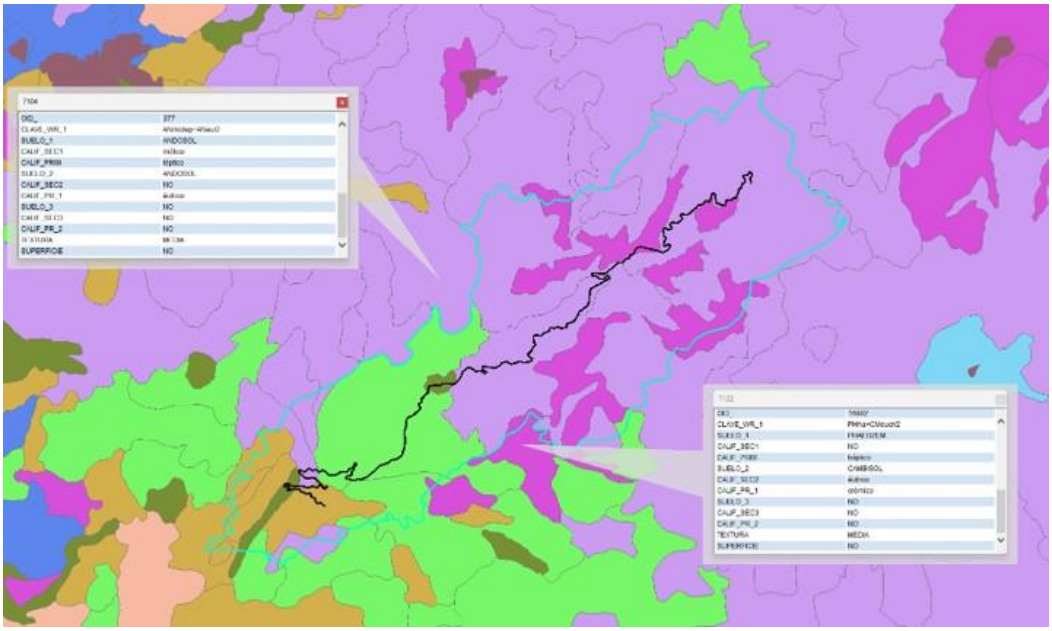


Figura 4. **Delimitación por edafología. Fuente: INEGI. Carta Edafológica, 1:250, 000. 2005.**

- ***Geología:*** Para seguir con la delimitación en la zona sureste se delimitó también con la unidad Cronoestratigráfica y casi terminando la delimitación del SAR (ver figura 5).



Figura 5. **Delimitación por edafología. Fuente: INEGI. Carta Edafológica, 1:250, 000. 2005.**

- ***Degradación de Suelos:*** Para finalizar la delimitación en la zona sureste se finalizó por medio del tipo de erosión hídrica con pérdida de suelo superficial y así finaliza la delimitación del SAR (Figura 6).

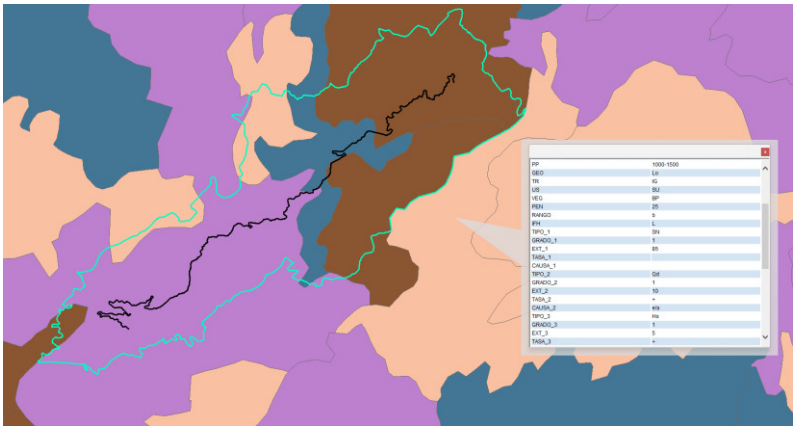


Figura 6. **Delimitación por edafología. Fuente: SEMARNAT. Carta Degradación de Suelo, 1:250, 000.**

Finalmente, por medio de la metodología expuesta se obtuvo un SAR de 23810.042332 hectáreas, el cual se considera adecuado para realizar la cartografía correspondiente al presente proyecto, ya que contiene los elementos bióticos y abióticos esenciales de la región; además, mantiene homogeneidad a lo largo y ancho del mismo, ya que se ha cuidado que no presente fuertes contrastes, debido a que el proyecto pasa sobre un 70% en vegetación y un 30% en zona agricola-urbana (Figura 7).

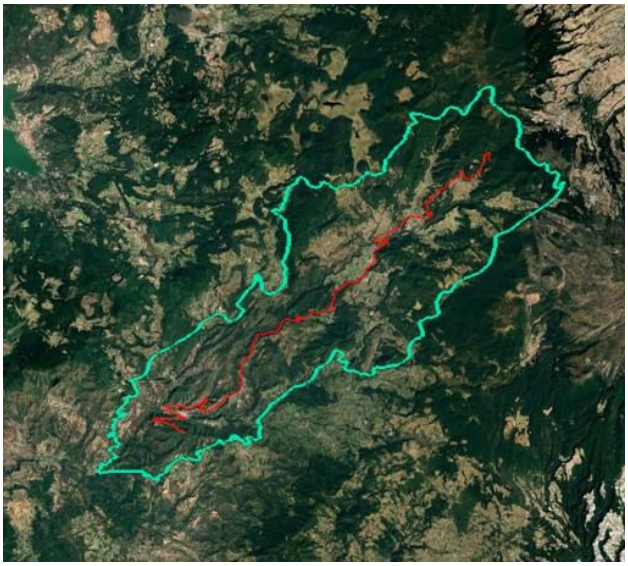


Figura 7. Delimitación final del SAR. Fuente: Elaboración en base a las cartas temáticas.

IV.1.2 Delimitación del Área de Influencia

El Área de Influencia es el área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir el rango de afectación del proyecto, el cual dependerá de variables tanto ambientales, como del diseño de la infraestructura (Milne *et al.* 1996).

Típicamente los efectos de una carretera sobre la ecología de un sistema ambiental se extienden viarias veces la amplitud del proyecto y abarcan un polígono asimétrico que refleja una serie de variables ecológicas con distancias diferentes desde cada punto de la carretera debido a la pendiente, dirección del viento, tipo de suelo, presencia humana y calidad ambiental, entre otras variables. Dicho polígono es denominado Área de Influencia (AI), definiéndose como la extensión máxima de las afectaciones directamente provocadas por las actividades del proyecto, en donde la etapa de mayor afectación es la construcción de la infraestructura (Figura 8).

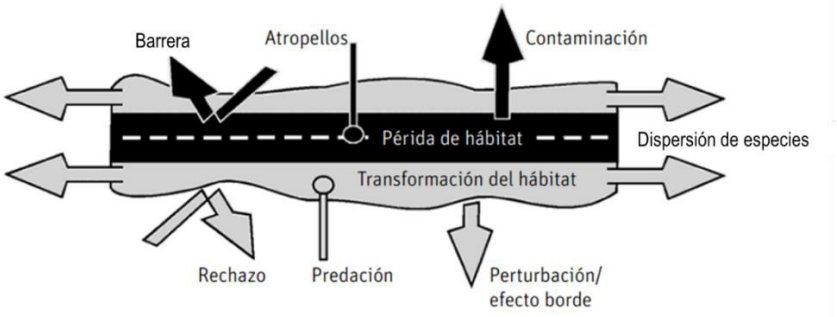


Figura 8. Principales efectos de una carretera

Por lo que, para delimitar el área de influencia, fue necesario identificar de forma preliminar los impactos que el proyecto es susceptible de generar para cada uno de los elementos del

medio ambiente, tomando en consideración los impactos ambientales potencialmente significativos sobre ellos, así como el espacio geográfico en el cual se emplazan las partes, obras y/o acciones del proyecto o actividad.

Entre los principales elementos a considerar, y los posibles impactos, se encuentran los siguientes (Tabla 1).

Tabla 1. Principales impactos sobre suelo, flora, fauna y ecosistema

Elementos	Impactos
Suelo	Pérdida de suelo
	Activación de procesos de erosión del suelo
	Compactación del suelo
	Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
Hidrología	Arrastre de sedimentos
	Contaminación con residuos sólidos, peligrosos o de manejo especial
	Afectación al ecosistema acuático
Flora	Pérdida de una comunidad de flora o vegetación
	Modificación de la población, cambio en sus propiedades
	Pérdida de individuos o ejemplares de una población
	Invasión de individuos o ejemplares de flora
Fauna	Pérdida de individuos o ejemplares de una población
	Modificación o pérdida de hábitat de fauna
	Efecto barrera y atropellos
Ecosistema	Fragmentación del ecosistema
	Afectación de servicios ecosistémicos

De acuerdo a ello, se efectuó la siguiente metodología.

1. El área de influencia se comenzó a delimitar en base a las características del proyecto en cuanto a longitud, tipo de carretera, línea de ceros y los posibles impactos a generar por las actividades de la obra. En este contexto, actualmente existe un camino tipo C, el cual se encuentra pavimentado y se espera modernizar a un camino tipo A2 cuya longitud será de 43.93 km. De acuerdo a ello, la obra se efectuará en su mayoría sobre el camino existente, lo que reducirá de manera importante la severidad de los impactos ambientales, ya que la mayoría de las modificaciones al medio biótico y abiótico se presentaron al momento de la construcción de dicho camino.
2. Posteriormente se sobrepuso la capa correspondiente a la red hidrográfica, así como la carta de Uso de Suelo y Vegetación de INEGI (Serie VII), considerando además las imágenes satelitales de Google Earth para realizar una fotointerpretación de la distribución que guarda la vegetación en el sitio. Sin embargo, el principal parámetro para la delimitación del área de influencia lo constituyen las corrientes de agua, al ser el componente hídrico, uno de los factores abióticos más relevantes del ecosistema, mismo que es prioritario considerar con la finalidad de evitar la aparición de impactos ambientales.

   En dicho contexto, por el costado derecho del trazo, el arroyo Hondo transcurre de manera casi paralela al proyecto, hasta las proximidades del cadenamiento 40+700 donde confluye con el Río Verde, el cual continua su trayectoria en sentido suroeste cruzando la carretera en el km 43+400, por lo que el área de influencia se delimitó siguiendo su curso. Asimismo, a partir del cadenamiento 56+800, es el río Carbonaras

el que acompaña por alrededor de 3 km al eje referido, longitud que fue considerada para la presente delimitación.

Por el costado izquierdo, al inicio del trazo se consideraron las corrientes intermitentes, así como la corriente perenne correspondiente al Río Verde, la cual transcurre paralela entre los cadenamientos 35+700 al 39+600, y del 53+500 al 63+500 donde cruza la carretera en operación, además de algunos tramos del rio Temascaltepec, el cual se ubica en las colindancias de los cadenamientos 66+700 y 70+500.

3. En aquellos sitios en los que los cauces se alejan abruptamente del camino, se consideró la distribución de la vegetación forestal como límite del área de influencia, siendo que existen importantes superficies no forestales en las colindancias del proyecto, en las cuales, se tienen impactos humanos previos de consideración, y por tanto los efectos de las obras previstas se ven reducidos; además de ello, se consideró el relieve, siendo que éste constituye una barrera natural que puede determinar la extensión de los impactos que pudiera ocasionar el proyecto.

De acuerdo a dichos criterios, se generó un poligono procesado en el programa ArcMap, el cual arrojó una superficie de 2.3 hectáreas.

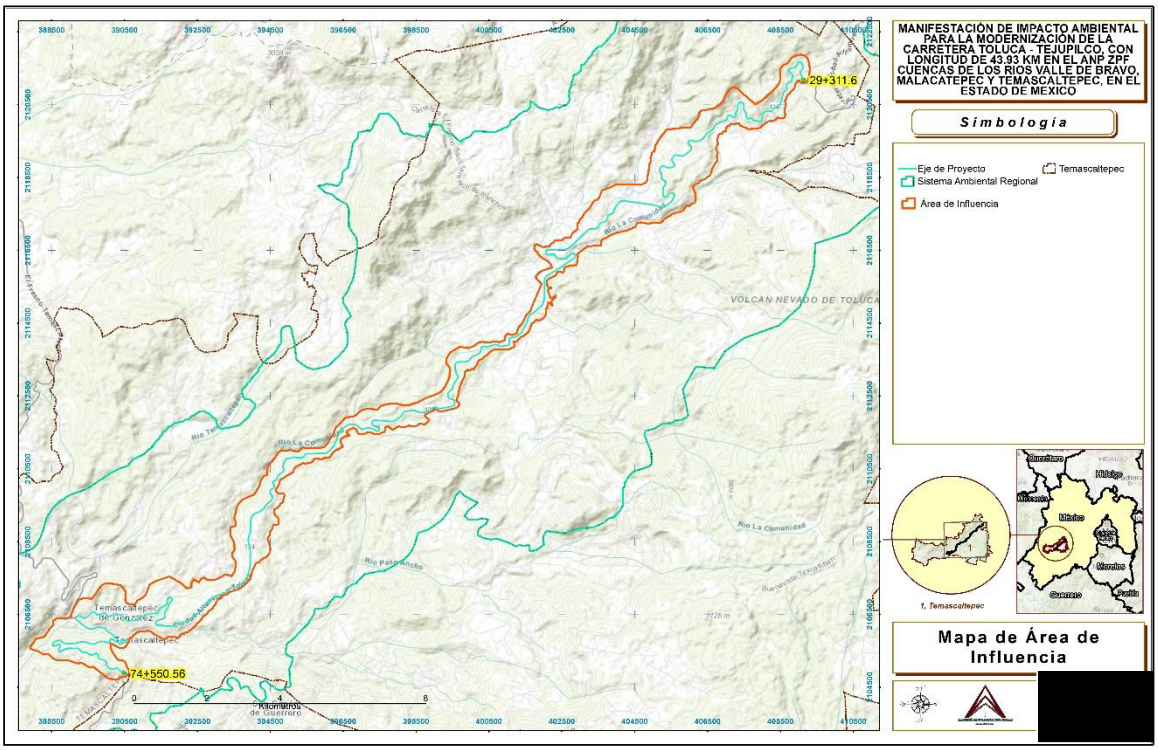


Figura 9. Área de influencia delimitada para el proyecto

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

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

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta, en general las regiones tropicales albergan elevadas concentraciones de especies. México ocupa uno de los primeros

cinco lugares en el mundo por su grado de riqueza de especies y en particular por su número de endemismos. Se puede decir que en nuestro país encontramos al menos el 10% de la diversidad terrestre del planeta (Mittermeier y Goettsch,1992).

El país posee esta gran riqueza de recursos naturales gracias a varios factores como son, por un lado, su situación geográfica, ya que está rodeado por los océanos Pacífico y Atlántico, al mismo tiempo que está dividido por el Trópico de Cáncer en dos porciones casi del mismo tamaño y se ubica en dos de las principales regiones biogeográficas del planeta, la Neo-ártica (característica de Norte América) y la Neo-tropical (característica de Centro América y Sudamérica), lo que da lugar a una franja de transición entre zonas de clima árido y zonas de clima húmedo (Challenger, 1998). Por otro lado, debido a su accidentada topografía con una variedad de altitudes que van desde el nivel del mar hasta montañas de más de 5 500 msnm y la presencia de grandes cinturones de vientos y regímenes térmicos de las corrientes marinas permiten variaciones climáticas que en conjunto representan a casi todos los grupos y subgrupos de climas posibles en distancias de pocos kilómetros (Conabio, 1998).

Estos factores ambientales han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que promueven una gran variedad de hábitats y de formas de vida (Sarukhán, *et al.*, 1996) y le confieren a México ser un país de elevada diversidad biológica (Sarukhán y García, 2003).

En dicho sentido, la ubicación del Estado de México es determinante en la definición de su biodiversidad. La historia geológica, relieve, topografía y régimen climático tan heterogéneos le confieren cualidades especiales para el desarrollo de una amplia biodiversidad en un territorio que apenas representa el 1% de la superficie nacional.

Su integración dentro de la provincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, le ha permitido contar con amplios contrastes en la elevación de su territorio, desde las zonas cercanas a 300 msnm, donde se desarrolla la selva baja caducifolia, hasta un conjunto de grandes planicies ubicadas a 2,250 y 2,600 msnm, correspondientes a la cuenca de México y Cuenca del Río Lerma, respectivamente, donde es predominante la vegetación de bosques templados, matorrales espinosos, humedales y pastizales de altura, entre otros.

Todos estos elementos han sido determinantes en la generación de importantes ciclos naturales y servicios ambientales que son base para el desarrollo social y económico del propio estado y de la gran zona metropolitana del Valle de México, que en conjunto aportan poco más del 30% del producto interno bruto del país (PIB).

Sin embargo, el desarrollo socioeconómico no ha sido socialmente justo y ha implicado un enorme deterioro de los recursos naturales.

De manera general, en el país, el conjunto de presiones sobre la biodiversidad ha ocasionado lo que se conoce como la crisis de la biodiversidad, es decir, “la pérdida cualitativa y cuantitativa de especies, y el descenso en la diversificación de genes en los ecosistemas” (Espinosa y Llorente, 1996). Se calcula que, hasta el momento, México ha perdido alrededor de 95% de sus bosques tropicales y más de la mitad de sus bosques templados. Las causas de esta pérdida han variado históricamente, sin embargo, es posible afirmar que la causa principal de pérdida de biodiversidad ha sido la deforestación con diversos fines (ganadero, agrícola, industrial, etc.), es decir, la destrucción y la fragmentación de hábitat. Las principales amenazas para la biodiversidad pueden dividirse en dos categorías: las naturales y las que resultan del impacto

sobre los ecosistemas provocado por las actividades humanas. Las amenazas naturales radican principalmente en alteraciones climáticas, catástrofes naturales como lluvias torrenciales, erupciones volcánicas, e incendios entre otros.

En el Estado de México, después de décadas de explotación intensa de los recursos naturales, el territorio muestra grados significativos de perturbación en sus ecosistemas; algunas de las principales ciudades presentan serios problemas de contaminación y pérdida de recursos naturales como el suelo, vegetación y fauna. Así, en la entidad, el problema ambiental es importante y la concentración de un porcentaje muy elevado de población y la necesidad de espacio, bienes y servicios han modificado el territorio. Es evidente que la cercanía con la Ciudad de México, principal centro económico y político del país, ha provocado que en los últimos años el Estado de México tenga una de las dinámicas poblacionales más altas, pasando de un poco más de 1 millón de habitantes en 1950 a más de 16 millones en 2015 (GEM, 2017).

De tal forma, la pérdida de cobertura forestal, la sobreexplotación y la contaminación de los ecosistemas son factores directos que han promovido la pérdida de biodiversidad por actividades humanas; asimismo, factores como el crecimiento poblacional, los patrones y niveles de consumo no sustentables y la falta de planeación han generado grandes afectaciones a los ecosistemas de la entidad.

La deforestación es una de las principales amenazas, lo que ha provocado la fragmentación de hábitats o incluso su eliminación total, conduciendo a pérdida de especies, al deterioro general de los suelos, así como al detrimento de fuentes importantes de recursos básicos (como leña y de otros productos forestales) para los habitantes de comunidades rurales (Ochoa, 2000). Asimismo, otra de las principales causas de la deforestación es la conversión de grandes extensiones de bosques a pastizales para ganado.

En dicho contexto, con la finalidad de cuantificar los cambios de las coberturas y usos del suelo en el SAR delimitado para el presente estudio, se llevó a cabo la sobreposición de las cartas de uso de suelo y vegetación elaboradas por INEGI correspondientes a la Serie I, V y VII, a partir de lo cual se pudo comparar la superficie y localización de estos cambios, observándose que si bien ha existido un avance de la frontera agrícola y un incremento en los asentamientos humanos, las coberturas forestales son aún las más significativas, cubriendo importantes extensiones y albergando diversidad de hábitats y especies de flora. En la siguiente tabla se muestran los usos de suelo y vegetación para cada una de las Series en comento, así como sus porcentajes y superficies de distribución en el SAR.

Tabla 2. Usos de suelo y vegetación en el SAR en diversos periodos

USOS DE SUELO/VEGETACIÓN	SERIE I		SERIE V		SERIE VII	
	HA	%	HA	%	HA	%
Bosque de pino-encino	8210.19	34.48	5163.95	21.69	5175.60	21.74
Agricultura de temporal anual	4427.83	18.60	5465.77	22.96	5083.95	21.35
Bosque de pino	5310.02	22.30	4850.17	20.37	4841.91	20.34
Bosque de oyamel	2225.78	9.35	2274.71	9.55	2274.71	9.55
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.00	0.00	1843.47	7.74	1998.09	8.39
Bosque mesófilo de montaña	2053.36	8.62	1840.94	7.73	1710.66	7.18

USOS DE SUELO/VEGETACIÓN	SERIE I		SERIE V		SERIE VII	
	HA	%	HA	%	HA	%
Pastizal inducido	1191.23	5.00	1716.72	7.21	1272.71	5.35
Bosque de encino-pino	356.23	1.50	493.03	2.07	509.06	2.14
Vegetación secundara arbórea de bosque de pino	0.00	0.00	0.00	0.00	188.89	0.79
Agricultura de riego anual y permanente	0.00	0.00	0.00	0.00	146.98	0.62
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	0.00	0.00	0.00	0.00	115.79	0.49
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	0.00	0.00	0.00	0.00	109.28	0.46
Asentamientos humanos	0.00	0.00	71.39	0.30	93.27	0.39
Agricultura de temporal anual y permanente	0.00	0.00	0.00	0.00	87.27	0.37
Agricultura de riego permanente	0.00	0.00	0.00	0.00	87.19	0.37
Agricultura de riego anual	35.40	0.15	89.91	0.38	74.36	0.31
Agricultura de temporal permanente	0.00	0.00	0.00	0.00	40.32	0.17
TOTAL	**23810.04**	**100.00**	**23810.04**	**100.00**	**23810.04**	**100.00**

El uso de suelo/vegetación que mayor superficie ocupaba en el SAR para el periodo 2017-2021 (Serie VII) es el bosque de pino-encino, el cual redujo su superficie en 3,034.59 hectáreas, siendo que en 1992 ocupaba 8,210.19 hectáreas, mientras que en la actualidad se reportan 5,175.60 hectáreas. La disminución en esta cobertura vegetal se debe a diversos factores, entre los que se encuentran un proceso de tala sistemática y selectiva con miras al aprovechamiento de los mejores ejemplares del bosque, ocoteo, construcción de zanjas de infiltración y pastoreo.

Por el contrario, las agrosistemas (incluidos los diversos tipos de agricultura), actualmente suman el 23.18% del SAR, y mostraron un incremento de 1,056.85 hectáreas; de éstos el que mayor superficie abarca, es la agricultura de temporal anual, la cual representa el 21% del SAR y corresponde al segundo uso de suelo/vegetación con mayor extensión en el área de estudio.

Por otra parte, los bosques de oyamel han mantenido su superficie, lo cual puede deberse a la mayor capacidad de regeneración de este tipo de bosque, la menor calidad y valor comercial del abeto que desincentiva su aprovechamiento, y el hecho de que este tipo de cobertura tiende a presentarse en zonas de más difícil acceso; a pesar de ello, la comunidad se ha visto sometida a diversos impactos, principalmente la apertura de senderos y el pastoreo, impactos que continúan actualmente afectando a la vegetación.

Comunidades vegetales como el bosque de pino y el bosque mesófilo de montaña vieron reducidas sus superficies de manera mínima, mientras que recientemente aparecieron comunidades secundarias, ello a causa de la actividad humana y la presión sobre la vegetación forestal, las cuales responden a estos elementos de disturbio o cambio modificando su estructura y composición florística, apareciendo las comunidades donde predominan ciertas formas de vida, ya sea estrato arbóreo, o arbustivo.

Finalmente, a partir del periodo 2011-2013 se registran entre los usos de suelo, los asentamientos humanos, los cuales abarcan actualmente una superficie de 93.27 hectáreas en el SAR.

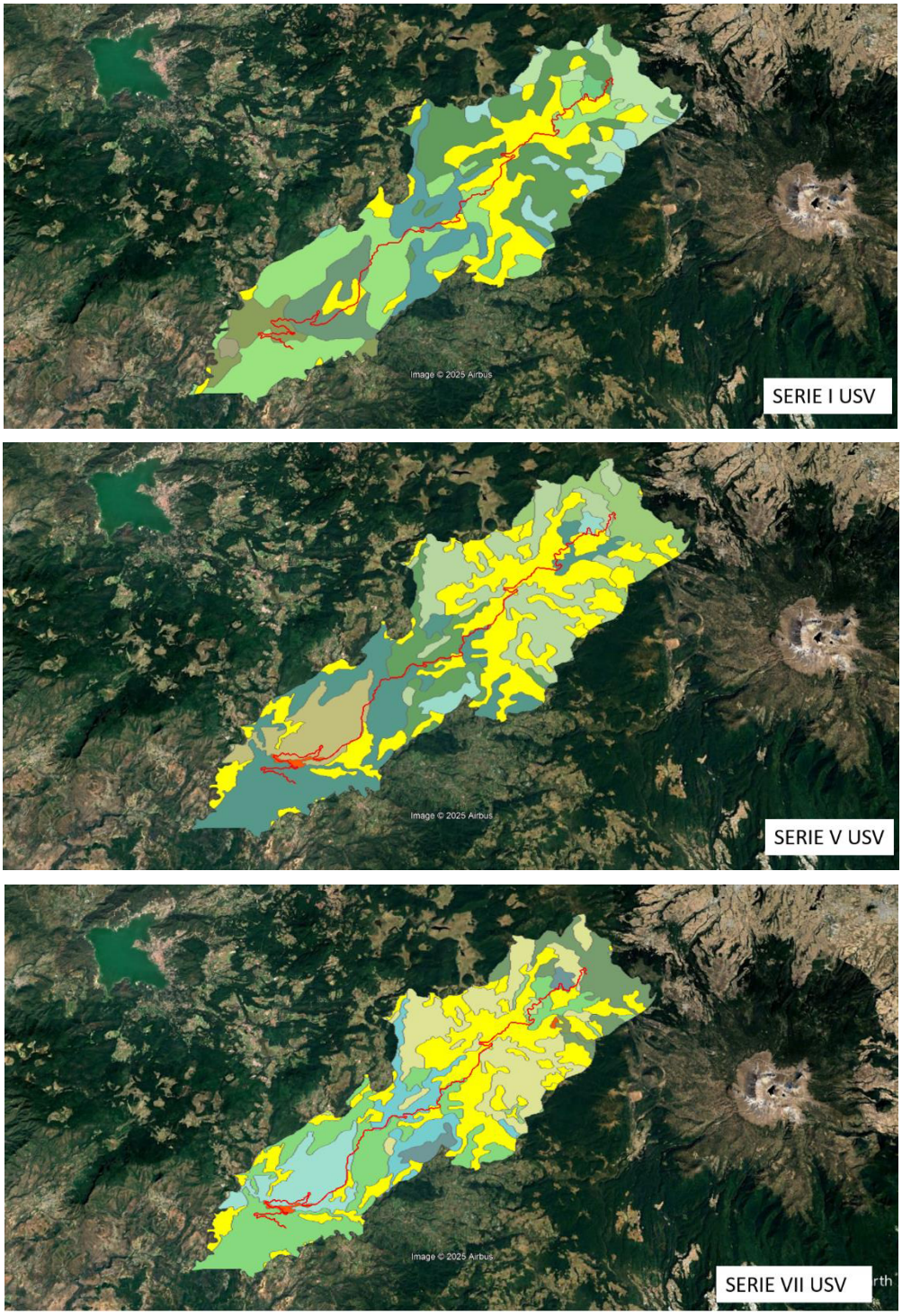


Figura 10. Usos de suelo y vegetación en el SAR (en color amarillo se resaltan los usos agropecuarios; el resto corresponden a comunidades forestales)

Por lo que se puede establecer, que si bien, a lo largo del tiempo ha existido un proceso de trasformación y reducción en algunos de los tipos de vegetación en el SAR, las cubiertas forestales prevalecen sobre el resto de los usos de suelo, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3. Condición de los usos de suelo

USOS DE SUELO/VEGETACIÓN	SERIE I		SERIE V		SERIE VII	
	HA	%	HA	%	HA	%
Agropecuario	5654.46	23.75	7272.39	30.54	6792.79	28.53
Forestal	18155.59	76.25	16466.26	69.16	16923.98	71.08
Asentamientos humanos	0	0	71.39	0.30	93.27	0.39
TOTAL	**23810.04**	**100.00**	**23810.04**	**100.00**	**23810.04**	**100.00**

Cabe destacar que a pesar de que dichas comunidades forestales han mantenido su localización y superficie, o en su defecto se han reducido en un porcentaje relativamente bajo, han sido sujetas a un impacto histórico ocasionado por las actividades antropogénicas; en dicho contexto, los principales impactos que se han suscitado en la región incluyen:

- Incendios forestales: durante el periodo del 2004 al 2017 en el municipio de Temascaltepec, el cual abarca prácticamente la totalidad del SAR delimitado, se registraron 199 incendios superficiales, afectando principalmente bosques de coníferas. Las causas más comunes son las quemas agropecuarias, fogatas o causas intencionales.
- Plagas: de acuerdo a información proporcionada por la CONAFOR (Gerencia Estatal del Estado de México), para el periodo 2014 – 2018, en la región se tiene detectada la incidencia de plagas, mayormente de los descortezadores: *Dendroctonus mexicanus, D. adjunctus, D. frontallis, D. parallelocollis; Phloeosinus baumanni* y *Scolytus mundus*. Los insectos descortezadores son una plaga de importancia que afecta anualmente superficies y volúmenes considerables de vegetación de pino en el país, causando la pérdida de cobertura vegetal, alterando los ecosistemas, afectando la fijación de carbono y disminuyendo la captación de agua. Con base en información registrada durante el 2015 y enero de 2016, para la "Alerta temprana y Evaluación de Riesgos para Insectos Descortezadores", se determinó que el Estado de México presenta un riesgo alto (CONAFOR, 2016).
- Deslaves y tormentas: los municipios de Temascaltepec (en el cual se ubica el SAR del proyecto), Amanalco, Villa de Allende y Villa Victoria presentan un índice de peligro muy alto. En este caso, en el año 2010, la ocurrencia de lluvias durante 72 horas continuas, ocasionaron 19 deslaves en la carretera Toluca – Temascaltepec, dejando incomunicados los municipios de Temascaltepec, Valle de Bravo y Amanalco (La Jornada, 2018). Se tiene identificado que los daños que originan los deslaves son de tanto de orden social como económico: pérdidas humanas, daños a carreteras, inundaciones (por engrosamiento y desborde de cauces), sedimentación de ríos, pérdida de cobertura vegetal, caída de árboles, cambios en los sistemas de drenaje naturales y artificiales; sedimentación, salinización, contaminación y erosión de tierras (PNUMA, 2002).

Por lo que si bien, en el SAR no han existido cambios sustanciales en la superficie forestal en las últimas décadas, en la región si existen procesos de cambio más importantes que hacen referencia a la deforestación, expansión agrícola y pecuaria y al crecimiento urbano, y que han impactos en la pérdida de diversidad de especies biológicas, deterioro y degradación de suelos, cambios en el microclima y modificación del funcionamiento de las subcuencas hidrográficas

Con respecto al proyecto en comento, su ejecución no pretende incrementar la problemática ya existente, su objetivo es mejorar la conectividad y accesibilidad territorial mediante la modernización de la infraestructura carretera existente, con criterios de inclusión social, sostenibilidad y eficiencia para garantizar la movilidad de personas y mercancías. Si bien, propiciará impactos ambientales en cierta medida, estos pueden ser prevenidos en su mayoría, y por otra parte, serán sobre compensados a través de la ejecución de diversas medidas que buscan contribuir a la conservación, incrementar el nivel de conservación con respecto a la calidad actual, y/o recuperación de los servicios ecosistémicos, los cuales son primordiales para la sociedad, tales como la fijación de carbono, la protección y cubrimiento de suelos, la provisión de agua de calidad y cantidad adecuada. Asimismo, cada una de las etapas que lo constituyen se llevarán a cabo con un enfoque de restauración y conservación de la zona, aplicando acciones precisas para respetar, proteger y conservar los recursos existentes en el SAR.

IV.2.2 Análisis de los componentes del SAR

IV.2.2.1 Medio abiótico.

Un ecosistema está formado por factores bióticos y abióticos, ambos están íntimamente relacionados y cualquier alteración en alguno de éstos, ya sea por contaminación o por efectos naturales, afecta al ecosistema completo (Gahona, 2011).

Los factores abióticos son componentes físicos y químicos del ecosistema que no requieren de la acción de los seres vivos, o que no poseen vida, es decir, no realizan funciones vitales dentro de sus estructuras orgánicas, pero son fundamentales para la supervivencia de cualquier comunidad biológica (Odum, 1972).

A continuación, se describen los principales factores abióticos que se presentan en SAR delimitado para el proyecto.

IV.2.2.1.1 Fisiografía

La fisiografía es la expresión del paisaje de un territorio a través de rasgos topográficos, geológicos, hidrológicos y edafológicos, cuyas variaciones determinan la composición de las comunidades vegetales dominantes y, por lo tanto, son factores que explican la biodiversidad observada (Ramírez, et al., 2017).

El SAR delimitado para el proyecto se ubica en la superficie que corresponde a dos Provincias Fisiográficas, éstas son, el Eje Neovolcánico, el cual abarca 17,845.13 hectáreas del SAR (74.94% de su superficie), y la Sierra Madre del Sur que se desarrolla en 5,964.90 hectáreas que corresponden al 25.05% de la poligonal delimitada.

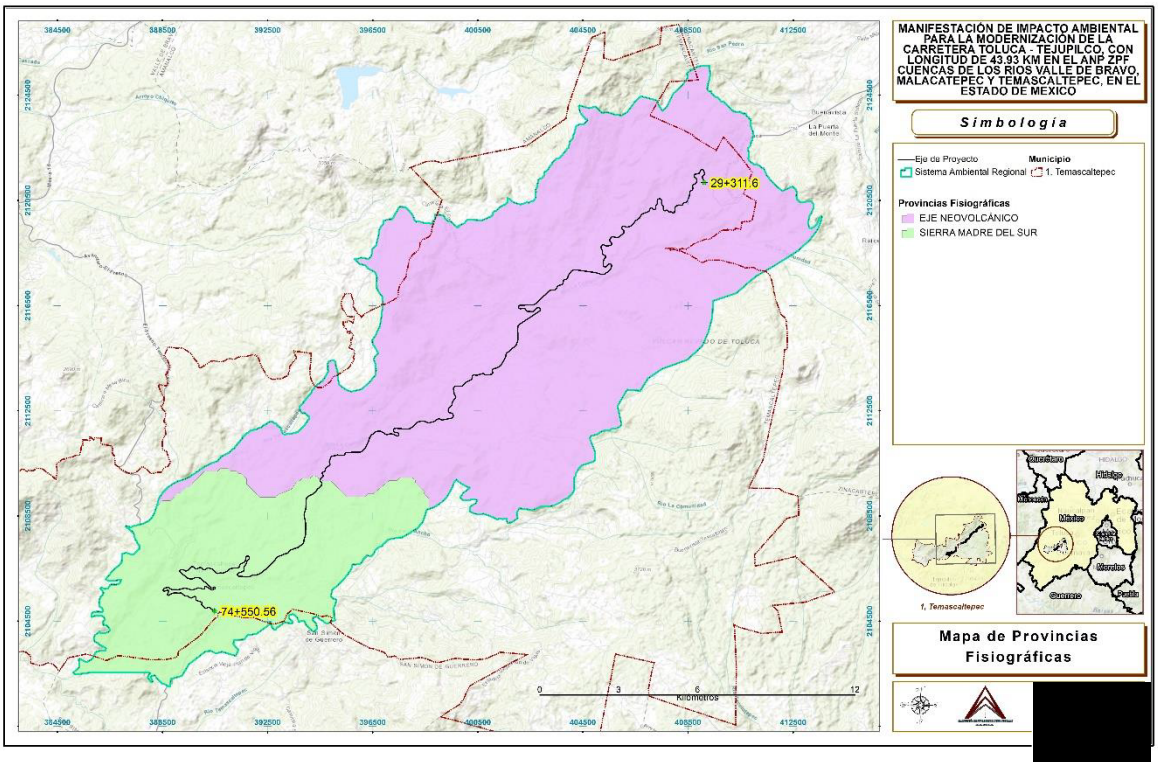


Figura 11. Provincias fisiográficas de las que forma parte el SAR del proyecto

Asimismo, la superficie del SAR abarca una porción de 3 subprovincias fisiográficas, éstas son: Mil cumbres, Lagos y Volcanes de Anáhuac, y Depresión del Balsas, las cuales se distribuyen tal como se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Subprovincias fisiográficas en el SAR

PROVINCIA FISIOGRÁFICA	SUBPROVINCIA FISIOGRÁFICA	SUPERFICIE (ha)	%
EJE NEOVOLCÁNICO	MIL CUMBRES	14460.88	60.73
	LAGOS Y VOLCANES DE ANÁHUAC	3384.26	14.21
SIERRA MADRE DEL SUR	DEPRESIÓN DEL BALSAS	5964.90	25.05
TOTAL		**23810.04**	**100.00**

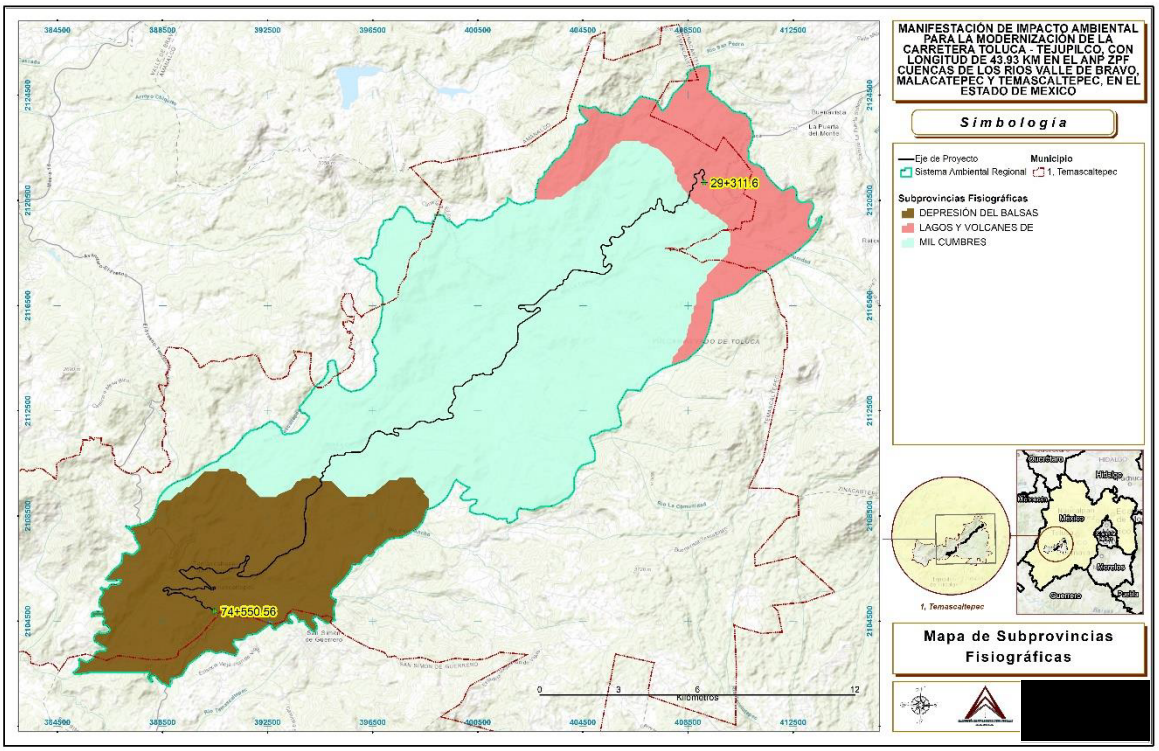


Figura 12. Distribución de las subprovincias fisiográficas en el SAR

El 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 tipo de rocas. Se extiende desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, constituyendo una ancha faja de 130 m. 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 19° N, hasta llegar al pico de Orizaba y al Cofre de Perote, alcanzando 880 m de longitud. Esta cordillera es la más alta del país, puesto que algunas cimas se encuentran coronadas de nieve permanentemente. Esta importante estructura determina el límite físico entre el Norte del continente y Centroamérica, así como el límite altimétrico, orográfico y climatológico (INEGI, 2008).

Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente. Sus grandes sierras volcánicas y coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto y depósitos de arena y cenizas, entre otras formaciones, se encuentran dispersos entre extensas llanuras (Demant, 1978).

El Eje Neovolcánico abarca 75.65% de la superficie del estado de México; en éste, algunas de las principales sierras son: Ajusco- Chichinautzin, que se extiende desde el oriente de Toluca de Lerdo hasta el pie de la Sierra Nevada y constituye el parteaguas meridional de la cuenca de la Ciudad de México; y de las Cruces y Monte Alto, sobre las cuales se encuentra el parteaguas que divide a las cuencas de la ciudad de Toluca y de la Ciudad de México. Esa superficie pertenece a fragmentos de tres subprovincias: Lagos y Volcanes de Anáhuac, Mil Cumbres y Llanuras y

Sierras de Querétaro e Hidalgo; el SAR del proyecto ocupa parte de las dos primeras (INEGI, 2001).

La subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac 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) (INEGI, 2001).

La subprovincia Mil Cumbres penetra a la entidad por el occidente, donde ocupa 10.06% del territorio estatal. Esta subprovincia, de extensión relativamente pequeña, debe su nombre a la sierra ubicada en su extremo oeste, sobre la ruta Morelia-Zitácuaro. Se trata de una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas que descienden hacia el sur (INEGI, 2001).

Por su parte, la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur se extiende más o menos paralela a la costa del Océano Pacífico, desde punta de Mita en Nayarit hasta el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca. Tiene una longitud aproximada de 1 200 km y un ancho medio de 100 km. Su planicie costera es angosta y en algunos lugares falta. Es considerada la región más compleja y menos conocida del país; debe muchos de sus rasgos particulares a su relación con la placa de Cocos. Ésta es una de las placas móviles que hoy se sabe integran a la corteza exterior terrestre (litosfera). La placa de Cocos emerge a la superficie en el fondo del Océano Pacífico al oeste y suroeste de las costas del Pacífico mexicano, hacia las que se desplaza con lentitud (2 o 3 cm por año) para encontrar a lo largo de las mismas el sitio de "subducción" donde se hunde hacia el interior del planeta. A esto se debe la fuerte sismicidad que se produce en la región, en particular sobre las costas guerrerenses y oaxaqueñas (INEGI, 2004).

La provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur ocupa 24.35% del territorio del estado de México, donde está representada por parte de dos subprovincias: Sierras y Valles Guerrerenses y Depresión del Balsas; es a esta última a la que pertenece la superficie delimitada para el presente estudio.

La subprovincia Depresión del Balsas se extiende desde el sur de Morelia y Ciudad Hidalgo, Michoacán e Ixtapan del Oro, México, hasta las márgenes del río Balsas. De esta forma, en una distancia de 96 a 135 km desciende de 2 500 a 1 500 msnm. Este declive es surcado por las cañadas de los ríos Tacámbaro, Cutzamala y Sultepec. La fitología de la unidad es bastante compleja ya que comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (INEGI, 2001). Asimismo, la distribución altitudinal influye en la afinidad de las especies tanto de flora como de fauna; así, las especies con una distribución a menor altitud son de afinidades tropicales.

Cada subprovincia fisiográfica se encuentra conformada por diversas topoformas, que además de permitir identificar características particulares del lugar, sirven de base para efectos de regionalización de un área.

En este caso, en el SAR delimitado para el proyecto, los sistemas de topoformas corresponden a lomerío de basalto con mesetas, sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados y sierra alta compleja con cañadas (Tabla 5); la mayor parte del trazo ocurre sobre lomeríos.

Tabla 5. Topoformas presentes en el SAR (Superficies y porcentajes) y su distribución a lo largo del tramo a modernizar

DESCRIPCIÓN	CADENAMIENTO	SUPERFICIE (Ha)	%
SIERRA VOLCÁNICA CON ESTRATO VOLCANES O ESTRATO VOLCANES AISLADOS	29+311.6 al 31+300	3384.25	14.21
LOMERÍO DE BASALTO CON MESETAS	31+300 al 56+828	14460.88	60.73
SIERRA ALTA COMPLEJA CON CAÑADAS	56+828 al 73+230.6	5964.90	25.05
TOTAL		**23810.04**	**100.00**

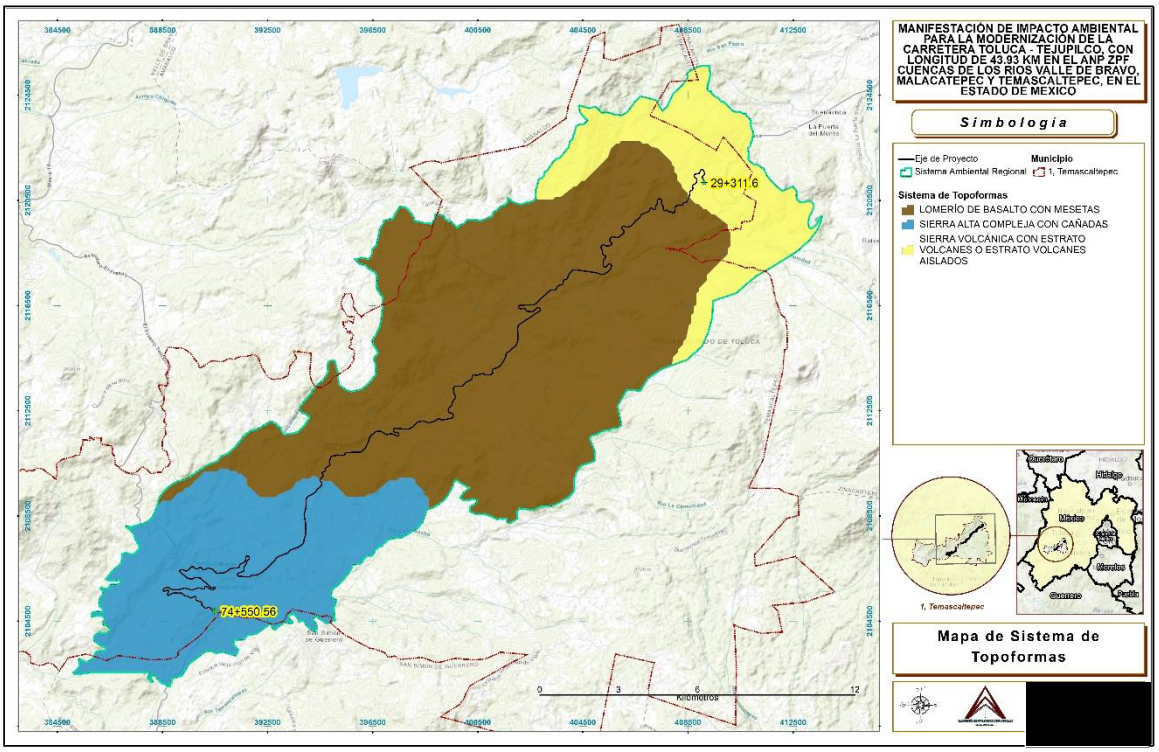


Figura 13. Distribución de las topoformas en el SAR

IV.2.2.1.2 Geología

Geológicamente, el territorio mexiquense tiene antiguas rocas metamórficas cretácicas de la era mesozoica (15%), rocas ígneas terciarias y cuaternarias de edad cenozoica (67%) y sedimentarias de edades diversas, tanto cretácica como cenozoica (9%), así como suelos cuaternarios (9%) (INEGI, 1987a).

En el SAR se presentan 8 unidades cronoestratigráficas y un tipo de suelo; de las unidades de roca, la brecha sedimentaria de la era Cenozoica es la mas abundante, la cual cubre el 40.40% del área de estudio (Tabla 6).

Tabla 6. Entidades geológicas en el SAR

CLAVE	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA	SUPERFICIE (ha)	%
Q(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Cuaternario	3404.59	14.30
Ts(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Neógeno	7455.74	31.31
Ts(bs)	Sedimentaria	Brecha sedimentaria	Cenozoico	Neógeno	9620.43	40.40
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	223.39	0.94
Ts(Bva)	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica ácida	Cenozoico	Neógeno	428.50	1.80
Ts(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Neógeno	0.00	0.00
Ts(Da-Ta)	Ígnea extrusiva	Dacita-Toba ácida	Cenozoico	Neógeno	1056.35	4.44
Js-Ki(Ms)	Metamórfica	Metasedimentaria	Mesozoico	N/D	1597.93	6.71
Q(Bvb)	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica básica	Cenozoico	Cuaternario	23.11	0.10
TOTAL					23810.04	100.00

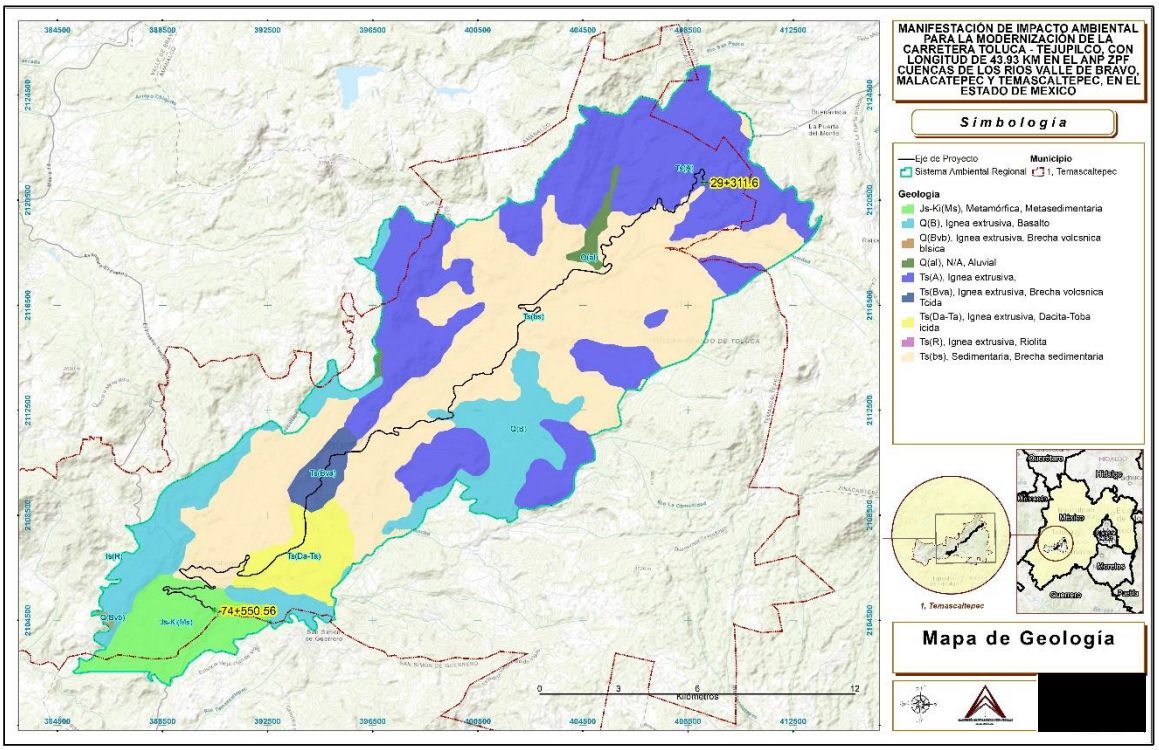


Figura 14. Geología en el SAR

- Rocas ígneas extrusivas

Las rocas ígneas extrusivas (andesíticas, riolíticas, basálticas, brechas volcánicas y dacitas) del Neógeno yacen discordantemente sobre las rocas mesozoicas, cubriendo la mayor parte de la provincia Eje Neovolcánico.

Estas rocas se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. Cuando el magma llega a la superficie

terrestre es derramado a través de fisuras o conductos (Volcán), al enfriarse y solidificarse forma este tipo de rocas (INEGI, 2005).

Los tipos de roca presentes en el SAR presentan las siguientes características:

- Basalto: se caracteriza por ser una roca que consiste de plagioclasa cálcica.
- Andesita: consiste en una roca volcánica generalmente porfídica que consiste de plagioclasa sódica.
- Riolita: consiste de cuarzo y feldespato alcalino en mayor proporción que la plagioclasa sódica.
- Dacita: roca volcánica compuesta de cuarzo y plagioclasa sódica.
- Brecha volcánica básica: roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca basáltica.
- Brecha volcánica ácida: roca piroclástica cuya mineralogía es similar a la roca riolítica.

➢ Rocas metamórficas

Rocas que han modificado sus características primarias, dando paso a nuevos minerales llamados neoformados y la adquisición de texturas particulares, ello derivado de la influencia de condiciones físicas y/o químicas diferentes, como la elevación de temperatura y/o presión.

En el SAR el tipo de rocas presentes se denominan metasedimentarias, pertenecientes a la Era Mesozoica; en este caso el prefijo meta hace referencia a aquellas rocas sedimentarias que ha sido débilmente metamorfizada y cuya textura aún es preservada y se deduce el tipo de roca original.

➢ Suelo aluvial

Del Cuaternario existen en la región depósitos aluviales que rellenan antiguos lagos de la cuenca de México y los valles de la cuenca del Lerma. (INEGI, 1981).

El suelo aluvial corresponde a depósitos de sedimentos como resultado del acarreo y depósito de materia; por su característica blanda, su capacidad de carga mínima y el riesgo sísmico, constituyen zonas altamente susceptibles (PMDU, 2022-2024).

IV.2.2.1.2.1 Riesgos geológicos

Son aquellos que están relacionados con la actividad y dinámica interna de la Tierra y de la corteza terrestre, y que tienen que ver con la transformación de la superficie terrestre, dando origen a las fallas (continentales y regionales) y fracturas, a los plegamientos, el vulcanismo, etc.

➢ **Fallas y fracturas**

Cuando se presenta la acumulación de tensiones generadas por fuerzas tectónicas producidas por el movimiento constante de las placas continentales y oceánicas se originan las fallas geológicas, las cuales se exteriorizan como rupturas en las rocas de la corteza terrestre. En dichas rupturas se produce una enorme cantidad de energía que genera vibraciones al interior de la Tierra, manifestándose en forma de temblores o terremotos. La zona de ruptura es también conocida como plano de falla.

En el movimiento que causa la dislocación se puede desplegar en varias direcciones entre ellas horizontales, verticales o una combinación entre unas y otras; las fallas se clasifican en transversales, normales e inversas de acuerdo a sus movimientos.

Es importante señalar que las fallas y fracturas son superficies de discontinuidad donde se puede presentar actividad repentina y brusca, lo cual puede originar temblores o terremotos, provocando incluso una ruptura en la superficie terrestre.

En el Territorio Municipal de Temascaltepec, por el cual transcurre la totalidad del eje carretero, existen numerosas fracturas, primordialmente hacia la zona central y oriental en donde se distribuyen irregularmente y se logran detectar en conglomerados en torno a localidades de San Andrés de los Gama, Milpas Viejas, Rincón de Tequisquiapan, La Peñuela, Mesón Viejo y San Francisco Oxtotilpan (PDM, 2025).

Asimismo, en el área de estudio, se presenta una falla y una fractura, ubicadas en la porción noroeste del SAR. La falla se localiza a una distancia de 1 km con respecto al cadenamiento 40+700; presenta una longitud de 6,141.269 metros, transcurriendo en dirección Noreste-Suroeste, la cual representa una zona de peligro latente por el riesgo de su activación por sismos y la generación de procesos de remoción en masa.

La fractura se ubica en el límite del SAR, a una distancia de mas de 3,000 metros con respecto al eje del proyecto, con una longitud de 6,311.626 metros que transcurren en dirección Norte-Sur.

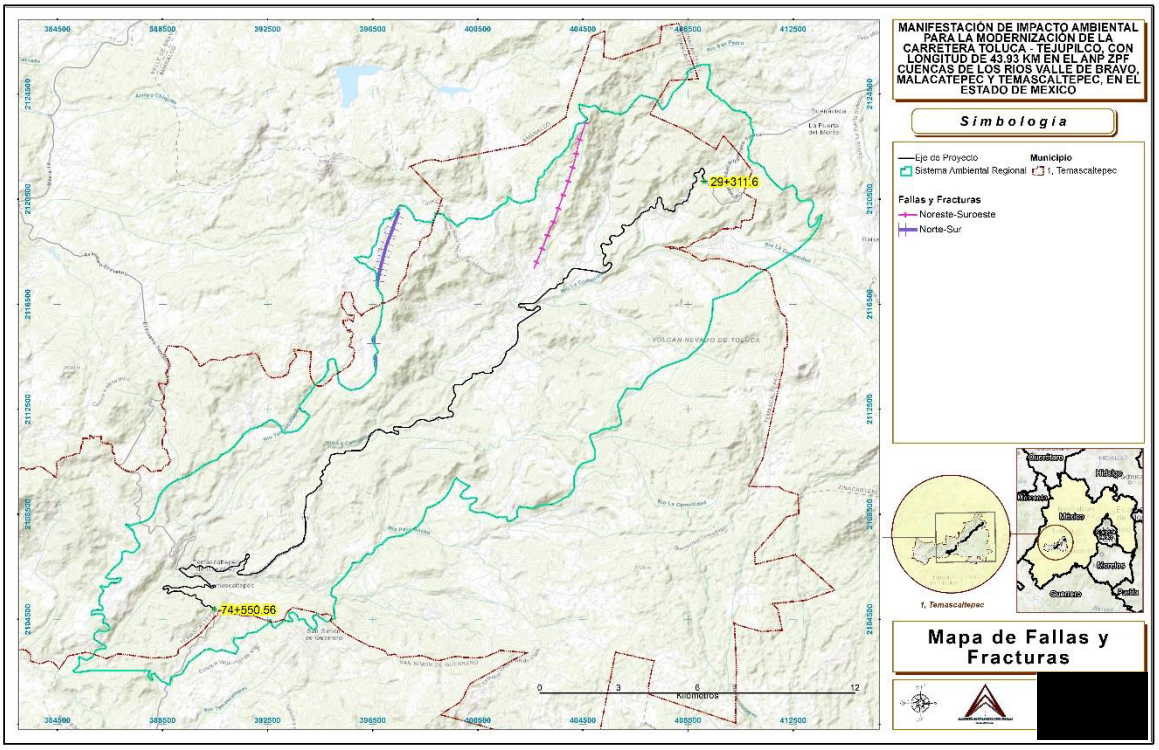


Figura 15. Fallas y fracturas en el SAR del proyecto

IV.2.2.1.3 Clima

Las condiciones atmosféricas influyen de manera directa tanto en la distribución como en el desarrollo, evolución y abundancia de todos los organismos que habitan nuestro planeta, por lo que el conocimiento de lo que comúnmente llamamos clima es esencial para entender los procesos de cambio en la biodiversidad, más aún si consideramos las condiciones actuales de un evidente cambio climático que se refleja ya en alteraciones aceleradas de los hábitats naturales de numerosas especies, que ponen en peligro su existencia (Flannery, 2008).

El trópico de Cáncer atraviesa al país en su parte central, provocando una transición entre dos zonas térmicas: la subtropical y la tropical; dando como resultado la predominancia de climas secos al norte y noroeste y húmedos al sureste de México. Además de la latitud, existen otros factores climáticos a mencionar como la altitud y relieve.

El Estado de México por su latitud se localiza en la zona intertropical; la altitud predominante en su territorio es de 2 000 m en adelante, pues gran parte de él pertenece al Eje Neovolcánico; está distante de las masas de agua que rodean al país por el oriente, sur y poniente; se encuentra situado al suroeste de la Sierra Madre Oriental; su relieve es irregular, con la Sierra Nevada en el este y orientada norte-sur, las sierras de las Cruces y Ajusco en el centro, las cuales tienen un sentido noroeste-sureste, y el Nevado de Toluca, en el centro-suroeste, entre otras elevaciones. Las condiciones de temperatura y precipitación han dado lugar al predominio de climas templados en poco más de la mitad del territorio estatal, distribuyéndose en el oeste, centro, norte y este. En menor proporción se encuentran los climas semifríos, localizados en los cerros y serranías por arriba de los 3 000 m de altitud; los semicálidos, bordeando por el suroeste y sur a los climas templados; los cálidos, principalmente en el extremo suroeste; los semisecos, en el noreste; y por último el clima frío, en las cimas de los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatépetl y Nevado de Toluca.

El municipio de Temascaltepec, ubicado en el Estado de Méxic y por el cual transcurre el proyecto, presenta un clima templado subhúmedo (PDM, 2025). Sin embargo, tomando en cuenta los datos generados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los tipos de clima predominantes en el Sistema Ambiental Regional de acuerdo a la clasificación de Köppen (1936), modificada por Enriqueta García (1973), corresponden a 3 tipos que se describen a continuación.

- C(E)(w2)(w). Semifrío.

Clima semifrío, subhúmedo., con temperatura media anual entre 5° y 12°C. Lluvias de verano y sequía de invierno, porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Los más húmedos de los subhúmedos, con un cociente P/T (precipitación total en mm, sobre temperatura media anual °C) mayor de 55.0. Ocurre en la parte con mayor altitud del SAR, en una superficie de 5,051.33 ha (21.21% del SAR), y en su porción más norteña.

- C(w2)(w). Templado.

Clima templado subhúmedo, con temperatura media anual entre 12° y 18°C. Lluvias de verano y sequía en invierno, porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Los más húmedos de los subhúmedos, con un cociente P/T (precipitación total en mm, sobre temperatura media anual °C) mayor de 55.0. Abarca la mayor superficie del SAR, presentándose en una superficie de 15,262.86 ha, que corresponden al 64.10% de la poligonal delimitada.

- (A)C(w2)(w). Semicálido

Clima semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C. Lluvias de verano y sequía en invierno, porcentaje de lluvia invernal menor de 5. Los más húmedos de los subhúmedos con un cociente P/T mayor de 55.3. Se presenta en 3,495.84 ha del SAR (14.68%), en la porción que corresponde a la subprovincia de la Depresión del Balsas.

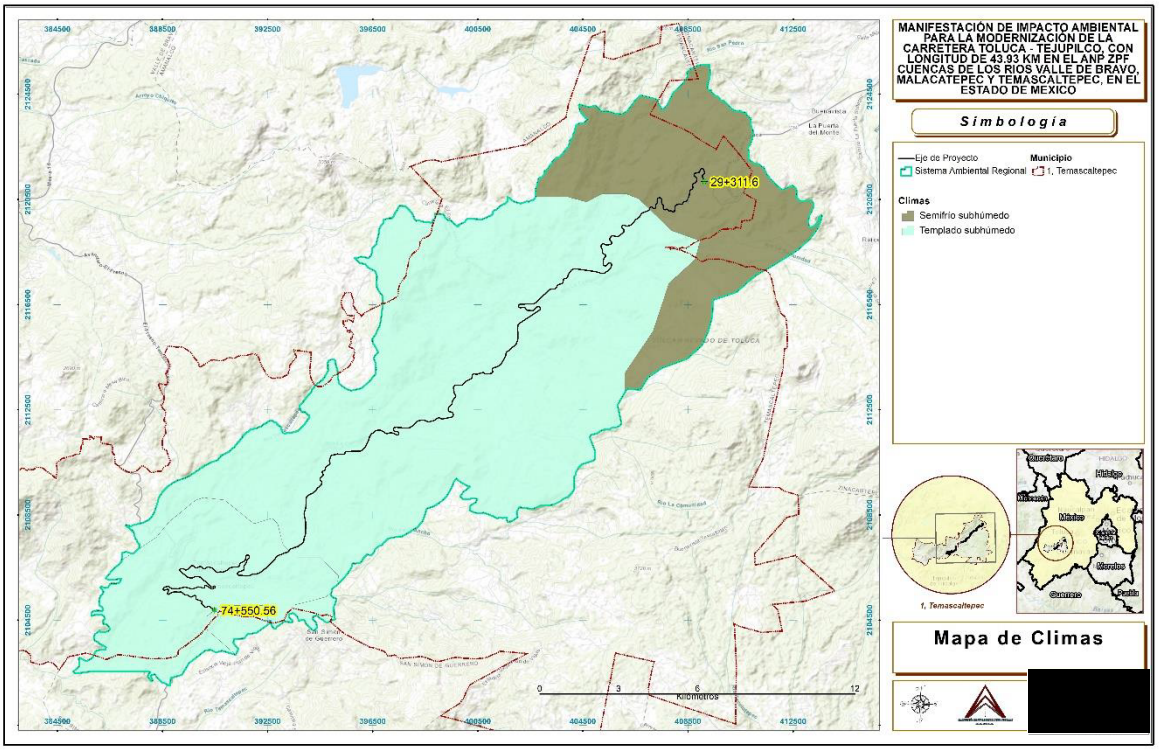


Figura 16. Distribución de los tipos de clima en el SAR

Como puede observarse, la distribución altitudinal influye en el clima, donde la temperatura incrementa conforme transcurre el trazo desde las zonas más altas, a un clima semicálido en la porción que corresponde a la Sierra Madre del Sur y por ende a la Depresión del Balsas, lo cual influye tambien en la afinidad de especies tanto de flora como de fauna.

Para tener una aproximación mas precisa de las condiciones climatológicas en las cercanías del trazo, se analizaron los datos de dos estaciones meteorológicas que se encuentran operando, estas son la denominada “La Comunidad D-8” y la estación “Temascaltepec”. La primera de ellas se ubica a una distancia de 113 metros con respecto al cadenamiento 44+200, en la zona que corresponde al clima templado subhúmedo. La estación Temascaltepec se ubica a 1,100 metros del cadenamiento 66+100, en la superficie que corresponde al clima semicálido.

En la estación “La Comunidad D-8” se reporta una precipitación normal anual de 1,233.9 mm, la máxima cantidad de lluvia se presenta en agosto con 1,233.9 mm, y corresponde al mes de diciembre la mínima con 12.9 mm. La temperatura media anual es de 16.6°C, la temperatura media mensual más alta se registra en mayo con 18.3°C, y el mes mas frío es enero con una temperatura normal de 13.9°C.

Por su parte, la estación Temascaltepec registra una precipitación anual de 1,213.9 mm, la máxima cantidad de lluvia se presenta en agosto con 250.2 mm, mientras que la mínima precipitación ocurre en diciembre con 3.7 mm. La temperatura media anual es de 18.2°C, la temperatura media mensual más alta se registra en mayo con 20.1°C, y el mes más frío es enero con una temperatura media de 15.7°C.

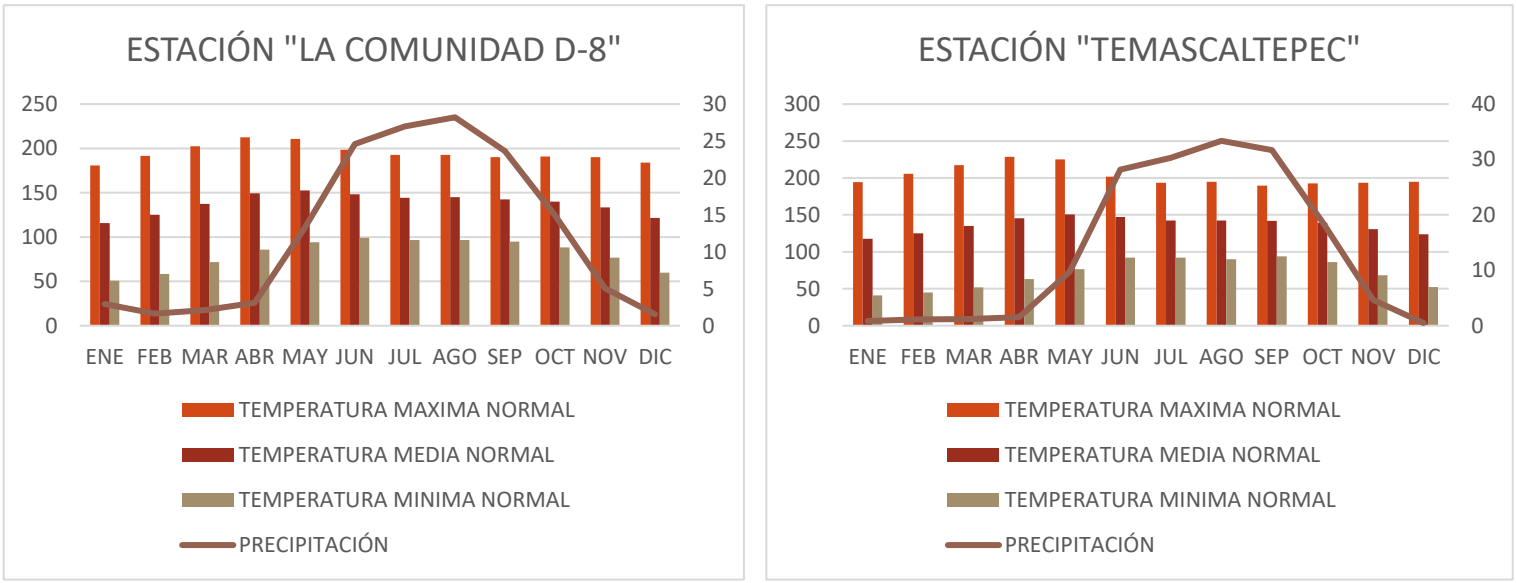


Figura 17. Climogramas de las estaciones identificadas en el SAR

IV.2.2.1.4 Edafología

El suelo es un cuerpo natural muy importante para el desarrollo de cultivos y especies vegetales, debido a que provee el soporte a las raíces de las plantas, además aporta nutrientes para su desarrollo y producción, dependiendo del tipo de suelo y sus propiedades. Conocer y cuantificar los suelos es necesario para planear las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, urbanas, mineras y de conservación (Sotelo, et al., 2021).

La variedad de tipos de suelo en el Estado de México es amplia y asciende a 11 tipos, concentrándose casi el 70% de la superficie estatal en cuatro tipos: phaeozem, andosoles, regosoles y vertisoles (López et al., 2009).

En el SAR delimitado para el presente estudio, se presentan diversas asociaciones de suelo, en las cuales, las conformadas por andosol son las que predominan en la superficie del área de estudio; dichas asociaciones abarcan en total el 57.99% del SAR, en las cuales el suelo principal (andosol) presenta diversas características especiales distintivas de las capas y horizontes mayores, a la vez que se encuentra asociado con otros tipos de suelo de menor extensión en la unidad edafológica. Continúan en abundancia las asociaciones de cambisol, seguidas de phaeozem, luvisol y leptosol (Tabla 7).

Tabla 7. Unidades edafológicas en el SAR

CLAVE_WRB	SUELO_1	CALIF_SEC1	CALIF_PRIM	SUELO_2	CALIF_SEC2	CALIF_PR_1	SUPERFICIE (ha)	%
ANumdyo+ANdy/2	ANDOSOL	úmbrico	ortidístrico	ANDOSOL	NO	dístrico	4916.04	20.65
ANphum+ANsldy/2	ANDOSOL	páquico	úmbrico	ANDOSOL	síltico	dístrico	4913.35	20.64
ANum+UMha/2	ANDOSOL	NO	úmbrico	UMBRISOL	NO	háplico	2819.66	11.84
ANum+LVdy/2	ANDOSOL	NO	úmbrico	LUVISOL	NO	dístrico	370.44	1.56
ANum/2	ANDOSOL	NO	úmbrico	NO	NO	NO	349.22	1.47
ANdy+ANum/2	ANDOSOL	NO	dístrico	ANDOSOL	NO	úmbrico	288.68	1.21
ANum+CMdycr/2	ANDOSOL	NO	úmbrico	CAMBISOL	dístrico	crómico	95.62	0.40
ANumlep+LPdyli/2	ANDOSOL	úmbrico	léptico	LEPTOSOL	dístrico	lítico	53.10	0.22
ANumdy/2	ANDOSOL	úmbrico	dístrico	NO	NO	NO	0.52	0.00
CMeulep+LVha+CMeu/2	CAMBISOL	éutrico	léptico	LUVISOL	NO	háplico	3817.50	16.03
CMeulen+LPeuli/2	CAMBISOL	éutrico	endoléptico	LEPTOSOL	éutrico	lítico	612.84	2.57
CMdylen+LVlen+LPdyli/2	CAMBISOL	dístrico	endoléptico	LUVISOL	NO	endoléptico	107.86	0.45
CMdylep/2	CAMBISOL	dístrico	léptico	NO	NO	NO	69.12	0.29
CMeu+PHha+ANmo/2	CAMBISOL	NO	éutrico	PHAEOZEM	NO	háplico	39.21	0.16
PHha+ANmo/2	PHAEOZEM	NO	háplico	ANDOSOL	NO	mólico	1267.04	5.32
PHha+CMeucr+LPeuli/2	PHAEOZEM	NO	háplico	CAMBISOL	éutrico	crómico	1078.17	4.53
PHha+ANeu/2	PHAEOZEM	NO	háplico	ANDOSOL	NO	éutrico	887.53	3.73
PHha+CMeucr/2	PHAEOZEM	NO	háplico	CAMBISOL	éutrico	crómico	83.99	0.35
PHha/2	PHAEOZEM	NO	háplico	NO	NO	NO	18.29	0.08
LVdy/2	LUVISOL	NO	dístrico	NO	NO	NO	813.15	3.42
LVcr+LVdy+VRmzcr/3	LUVISOL	NO	crómico	LUVISOL	NO	dístrico	408.85	1.72
LVdy+LPdyli/3R	LUVISOL	NO	dístrico	LEPTOSOL	dístrico	lítico	300.38	1.26
LVcrdy+VRmzcr+LVdy/3	LUVISOL	crómico	dístrico	VERTISOL	mázico	crómico	158.49	0.67
LVcr+VRmzcr+LVdy/3	LUVISOL	NO	crómico	VERTISOL	mázico	crómico	23.54	0.10
LPdyli+LPum/2	LEPTOSOL	dístrico	lítico	LEPTOSOL	NO	úmbrico	213.48	0.90
LPeuli+CMeucr/2	LEPTOSOL	éutrico	lítico	CAMBISOL	éutrico	crómico	103.95	0.44

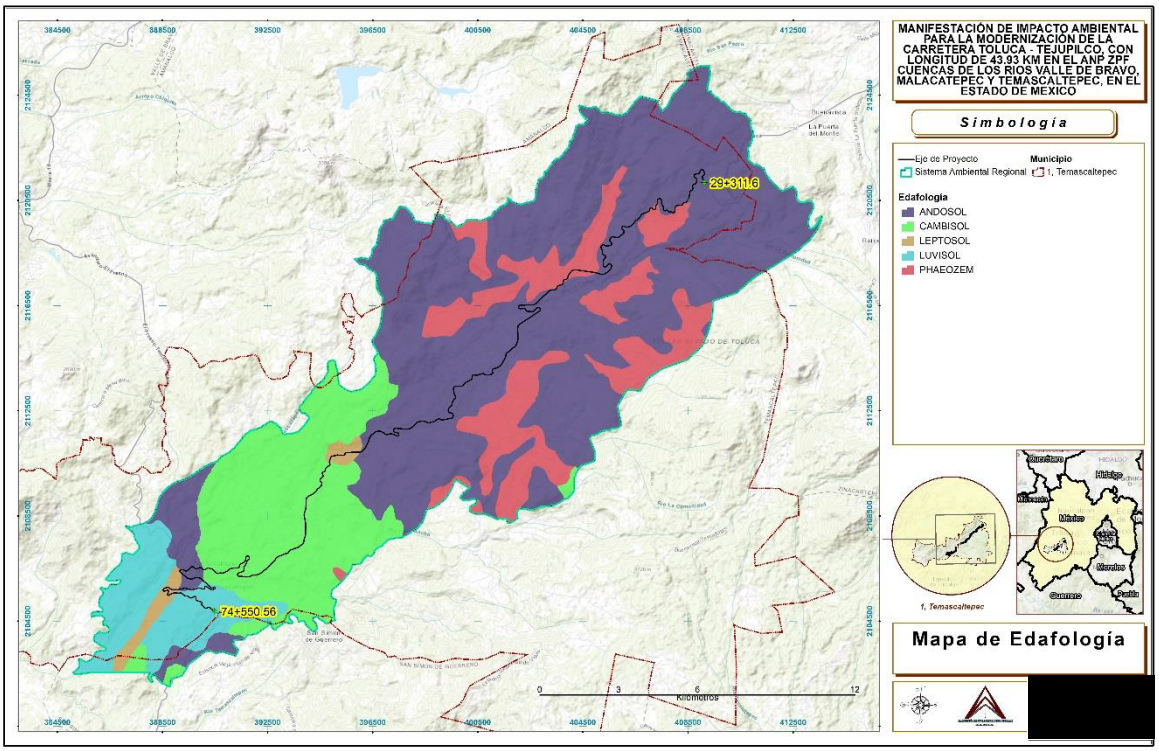


Figura 18. Distribución de los tipos de suelo en el SAR

- Andosol

Son suelos de origen volcánico reciente, muy ligeros en peso debido al abundante alófano o complejos de aluminio-humus en los primeros 30 cm de profundidad. Tienen una consistencia resbaladiza. Si bien los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua, cuando están situados en ladera es preferible conservarlos con su vegetación original. Presentan frecuentemente valores superiores a 3.0% de carbono orgánico y se erosionan rápidamente por deforestación y remoción de raíces (INEGI, 2014).

En el área de estudio, las características de dicho suelo, aunado al clima semifrío subhúmedo y la precipitación, generan un pH acido, que permite tener una alta capacidad de intercambio catiónico y una baja saturación de bases, lo que facilita la retención de agua y nutrientes para el desarrollo de vegetación de pino-encino, que proporcionan a su vez abundante materia orgánica (Vilchis, 2006; FAO, 2001; INEGI, 2000).

Este suelo en el SAR se presenta con los calificadores “úmbrico” es decir, que tiene propiedades semejantes al mólico pero mucho más ácido, un horizonte superficial oscuro, bien estructurado, buen contenido de carbono orgánico y fertilidad moderada o alta; y páquico, haciendo referencia al suelo que tiene un horizonte mólico o úmbrico, con 50 cm o más de espesor.

- Cambisol

Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones

moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente (INEGI, 2014). En el SAR se presentan las siguientes subunidades:

Cambisol éutrico. Presenta un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico con un porcentaje de saturación de bases de 50 o más, por lo que su contenido de nutrientes puede ser abundante. De acuerdo con estas características su fertilidad al uso agrícola varía de moderada a alta.

Cambisol dístrico. Tiene horizonte A ócrico con baja capacidad de retención de nutrientes y saturación de bases menor de 50% al menos en una parte del horizonte B cámbrico y generalmente de carácter ácido pues no reaccionan al ácido clorhídrico (INEGI, 2001).

- Phaeozem

Se caracteriza principalmente por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes; su textura es arenosa o arcillosa, con un pH más acido que los andosoles (SEMARNAT y CONANP, 2016). En el área de estudio su ocupación ha dejado de ser forestal en importantes superficies para dar paso a la agricultura de temporal.

En el SAR, tiene un horizonte A mólico, con una reacción nula al fluoruro de sodio (NaF) y al ácido clorhídrico (HCI) diluido, y puede presentar un horizonte C o B cámbico. Este subtipo de Feozem(háplico) es el más fértil al uso agrícola y el más abundante.

- Luvisol

Suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Los Luvisoles son generalmente fértiles para la agricultura.

Se presentan con los sufijos dístrico y crómico, es decir, que presentan un horizonte de baja saturación de bases y generalmente con un pH ácido permaneciendo húmedo la mayor parte del año, y que tiene una capa de color roja de más de 30 cm de espesor, respectivamente.

- Leptosol

Representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente.

El tipo de vegetación más relacionado en el área de estudio es el bosque de encino, sin embargo, actualmente su uso principal es para agostadero. Se presentan del tipo dístrico y lítico. El primero de ellos, como ya se ha mencionado corresponde a un suelo con un horizonte de baja saturación de bases y pH ácido. Por su parte, el sufijo lítico hace referencia a suelos limitados por roca dura y continua a menos de 10 cm de profundidad (INEGI, 2014).

IV.2.2.1.5 Degradación del suelo

La degradación de los suelos implica la reducción de su complejidad biológica, de su capacidad para producir bienes económicos y de llevar a cabo funciones de regulación directamente relacionadas con el bienestar humano, como son la productividad agrícola y el mantenimiento de la calidad del agua y el aire (Lal, 1998). Otra definición similar la proporciona la FAO que define a la degradación como un cambio en la salud del suelo, que se refleja en la disminución

de la capacidad del ecosistema para producir bienes y servicios ambientales, tanto directos como indirectos (FAO, 2018). La degradación del suelo puede ser de origen natural y humano, y es el resultado de una compleja interacción de factores naturales, como el tipo de suelo, el relieve, la vegetación y el clima con factores socioeconómicos como la densidad poblacional, tenencia de la tierra, las políticas ambientales y los usos y gestión del suelo (Gardi *et al.*, 2014).

Gran parte del SAR delimitado para el proyecto presenta procesos de degradación, específicamente el 93.12% de su superficie, tal como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 8).

Tabla 8. Tipos de degradación en el SAR

TIPO	GRADO	CAUSA	SUPERFICIE (HA)	%
Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	Ligero	Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico	9216.42	38.71
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Moderado	Deforestación y remoción de la vegetación	5453.44	22.90
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Deforestación y remoción de la vegetación	4134.30	17.36
Erosión hídrica con deformación del terreno	Moderado	Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación	3078.02	12.93
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	Ligero	Sobrepastoreo	288.77	1.21
TOTAL			**22170.96**	**93.12**

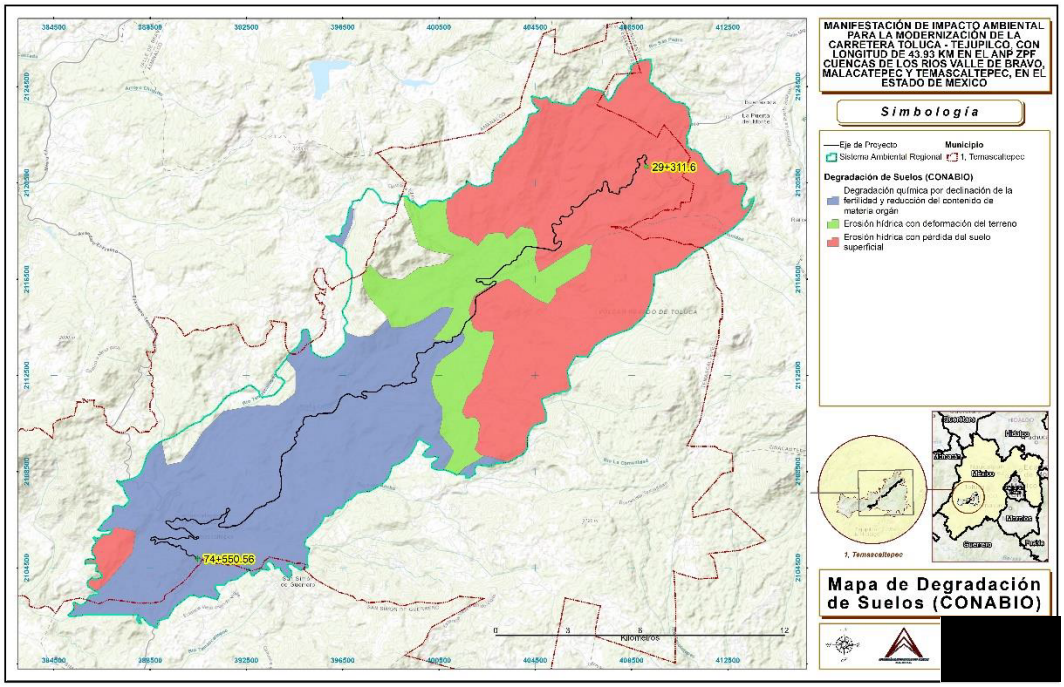


Figura 19. Suelos degradados en el SAR

De acuerdo a ello, es evidente la necesidad de la implementación de medidas de mitigación que promuevan la conservación del suelo, con la finalidad de disminuir los procesos actuales, mismos que se pudieran ver incrementados por el proyecto, buscando disminuir las afectaciones al componente y compensar la disminución de la superficie de infiltración que conlleva el camino dentro del sistema ambiental.

IV.2.2.1.6 Hidrología superficial

El Estado de México queda comprendido en parte de las siguientes regiones hidrológicas: "Lerma- Santiago" (No. 12), que cubre la porción centro-oeste con una superficie de 5,548.540 km^2, "Río Balsas" (No. 18) con un área de 9,761.850 km^2 en la parte sur; y "Alto Panuco" (No. 26) en la porción norte del estado con 7,933.830 km^2 de superficie (INEGI, 1981).

Prácticamente la totalidad de la superficie del SAR se ubica en el territorio que corresponde a la Región Hidrológica núm. 18 Balsas, la cual está constituida por ocho estados y 420 municipios, con una superficie correspondiente a 6% del territorio nacional, concentrando más de 10% de la población nacional. Es generadora de 10% de la energía eléctrica que se consume en el país y de 25% de la energía hidroeléctrica de México (Valencia-Vargas, 2015). Tan solo el 0.02% del SAR se localiza en una porción que corresponde a la Región Hidrológica Lerma-Santiago “RH12” (Figura 20).

La región hidrológica “Balsas” está limitada por las sierras Madre del Sur y la de Juárez, así como por el Eje Neovolcánico; tiene la forma de una depresión muy alargada, con valles muy angostos, cuyo territorio está formado en su mayor parte por elevaciones con fuertes pendientes y un arreglo geológico poco propicio para el control y almacenamiento de los grandes escurrimientos que se presentan, ya que cuenta con un potencial importante de escurrimientos consistentes en 991 milímetros al año (Valencia-Vargas, s.f).

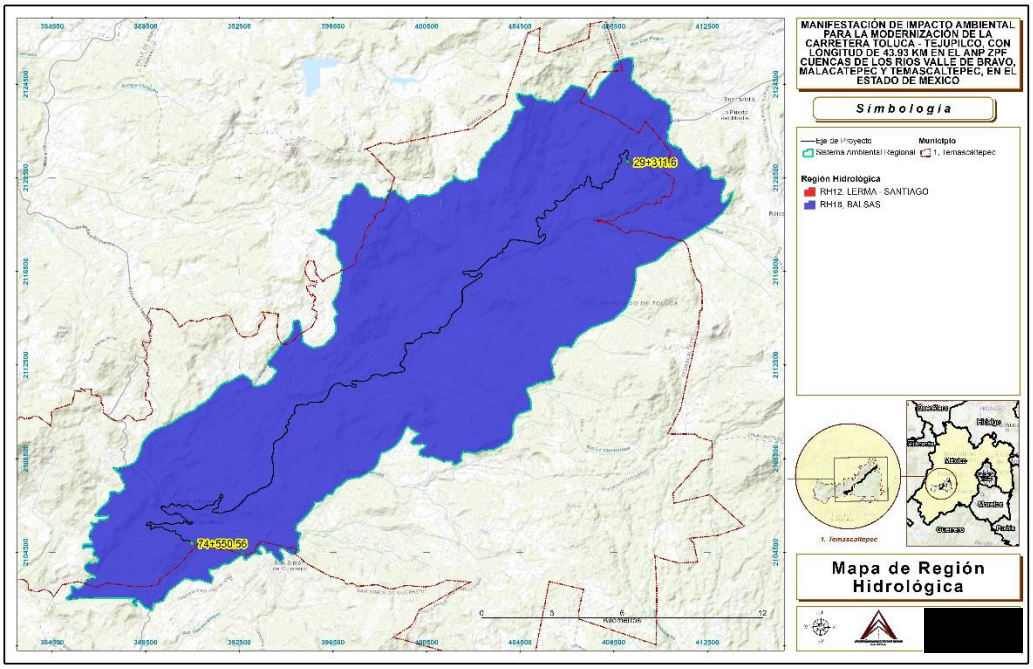


Figura 20. Región hidrológica en el SAR

Para el análisis del escurrimiento en la RH 18, ésta se ha integrado en quince cuencas hidrológicas; la división se realizó a partir de las condiciones físicas que las definen y de las estructuras de control existentes, ya sean presas o estaciones hidrométricas (DOF, s.f.).

En dicho contexto, el área de estudio se sitúa en la cuenca del Río Cutzamala (Figura 21), la cual a su vez se subdivide en las subcuencas de los ríos Tilostoc y Temascaltepec, ésta última abarca la mayor superficie del SAR, cubriendo el 99.37% de su superficie (Figura 22).

El drenaje en la cuenca del Río Cutzamala es de tipo dendrítico subparalelo, conformado por corrientes perennes y subcolectores intermitentes de segundo y tercer orden, su dirección de escurrimiento es de noreste a suroeste. La corriente más importante de esta cuenca es el río Cutzamala; a lo largo de sus 262 km de recorrido llegan a esta corriente varios afluentes como el Temascaltepec, Los Ciruelos, Bejucos y Topilar.

Las principales fuentes de contaminación para la cuenca son las áreas urbanas y la actividad agropecuaria; las primeras vierten sus aguas residuales a los cuerpos receptores; mientras que la segunda, con el afán de mejorar la producción, contamina con el uso de fertilizantes y plaguicidas a dichos cuerpos receptores, provocando una alteración ecológica de distintos grados. Sin embargo, el 70% del agua superficial de esta cuenca es sin duda la de mejor calidad en la entidad, por ello se utiliza principalmente para abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, uso recreativo y deportivo, conservación de flora y fauna, y para la actividad agrícola (INEGI, 2001).

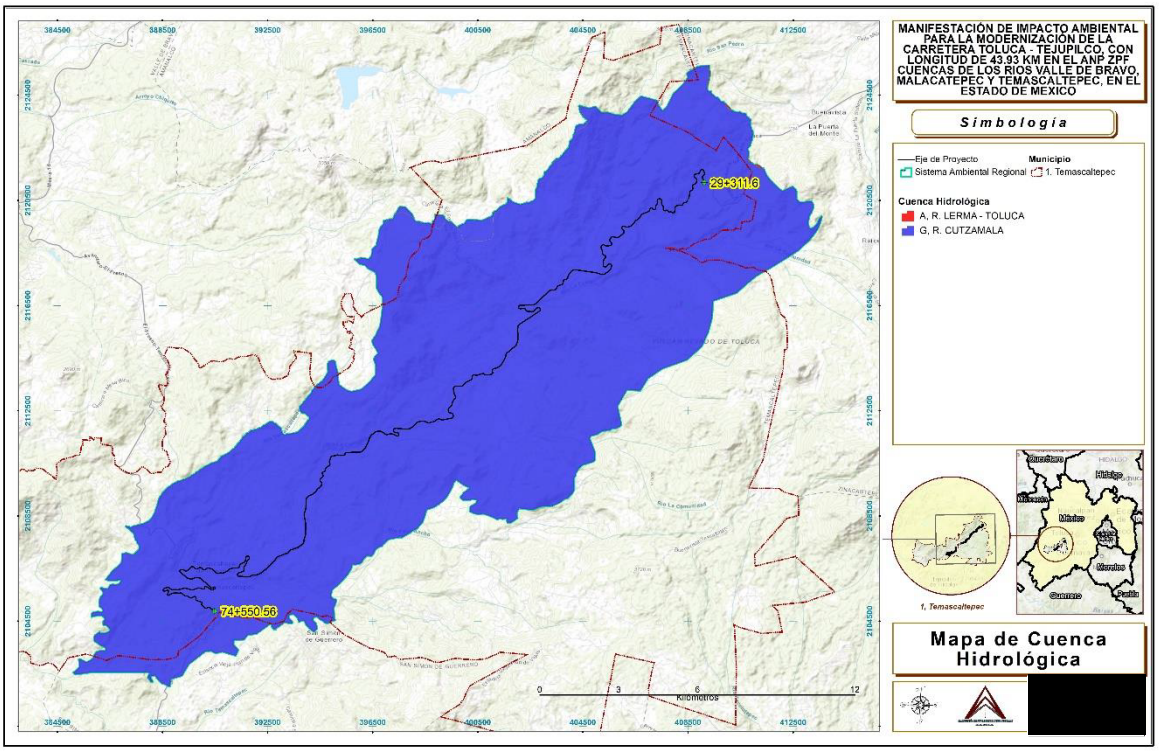


Figura 21. Cuenca hidrológica en la que queda embebido el SAR del proyecto

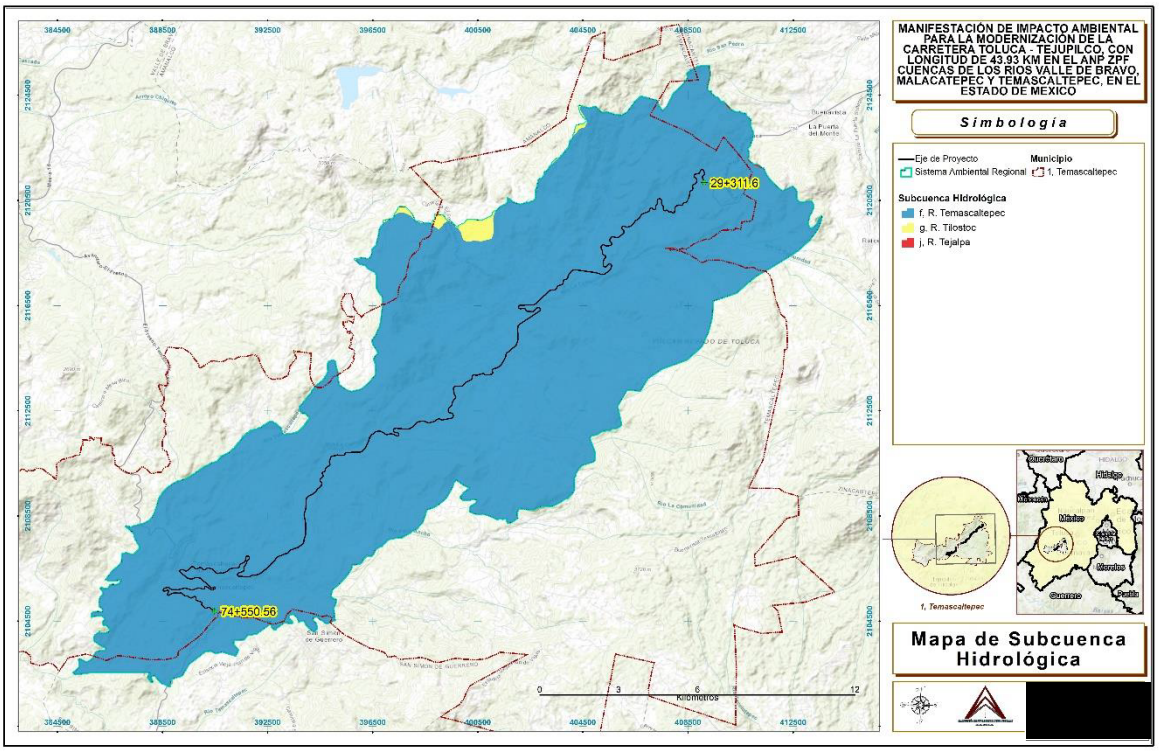


Figura 22. Subcuenca a la que pertenece el SAR

La subcuenca del río Temascaltepec ocupa las jurisdicciones municipales de Otzolapa, San Simón de Guerrero, Tejupilco, Temascaltepec, Tescaltitlán, Valle de Bravo, Zacazonapan y Zinacantepec. Presenta forma alargada, estrechándose en la parte más alta; tiene una orientación suroeste-noreste. Se inicia en la cima del volcán Nevado de Toluca, en los picos más prominentes, el Fraile y el Águila, que alcanzan altitudes máximas de 4,545 y 4,495 msnm, respectivamente, y desciende hasta los 800 msnm, donde se une con el R. Tilostoc; éste último afluente del río Cutzamala, se incorpora al río Balsas, que es el colector general (Manzo y López, 1997).

El río Temascaltepec, que es la corriente principal superficial de la subcuenca, se forma por la unión de los ríos Verde y Vado, que nacen y descienden del Nevado de Toluca (CONAGUA, 2020), éste atraviesa el municipio de oriente a poniente, y presenta una longitud de 28.8 km, recibiendo las aportaciones de 13 corrientes principales, las cuales mantienen un volumen medio anual de 354.6 millones de metros cúbicos, con un flujo medio de 11.2 m3/seg (SARH, 1971), lo que ha favorecido a la existencia de la Planta Hidroeléctrica Temascaltepec, que abastece de energía a la población de la localidad y otras zonas del municipio.

Una última subdivisión hidrológica se refiere al nivel de microcuenca; el SAR del proyecto se desarrolla en la superficie de 7 de estas unidades territoriales de drenaje que fueron delimitadas con el fin de ejecutar planes y proyectos dirigidos al sector rural, ya que presentan condiciones agroecológicas y sociales relativamente homogéneas. En la siguiente tabla se muestra la superficie y porcentaje de las microcuencas de las que forman parte el SAR en estudio (Tabla 9).

Tabla 9. Microcuencas en el SAR

NOMBRE_MICROCUENCA	SUPERFICIE (ha)	%
SAN FRANCISCO OXTOTILPAN	5203.40	21.85
SAN MATEO ALMOMOLOA	6730.61	28.27
TEMASCALTEPEC DE GONZALEZ	7273.38	30.55
SAN ANTONIO ALBARRANES	2104.52	8.84
SAN ANDRES DE LOS GAMA	1995.54	8.38
LA ALBARRADA (SAN FRANCISCO LA ALBARRADA)	129.60	0.54
Chilero	372.99	1.57
TOTAL	**23810.04**	**100.00**

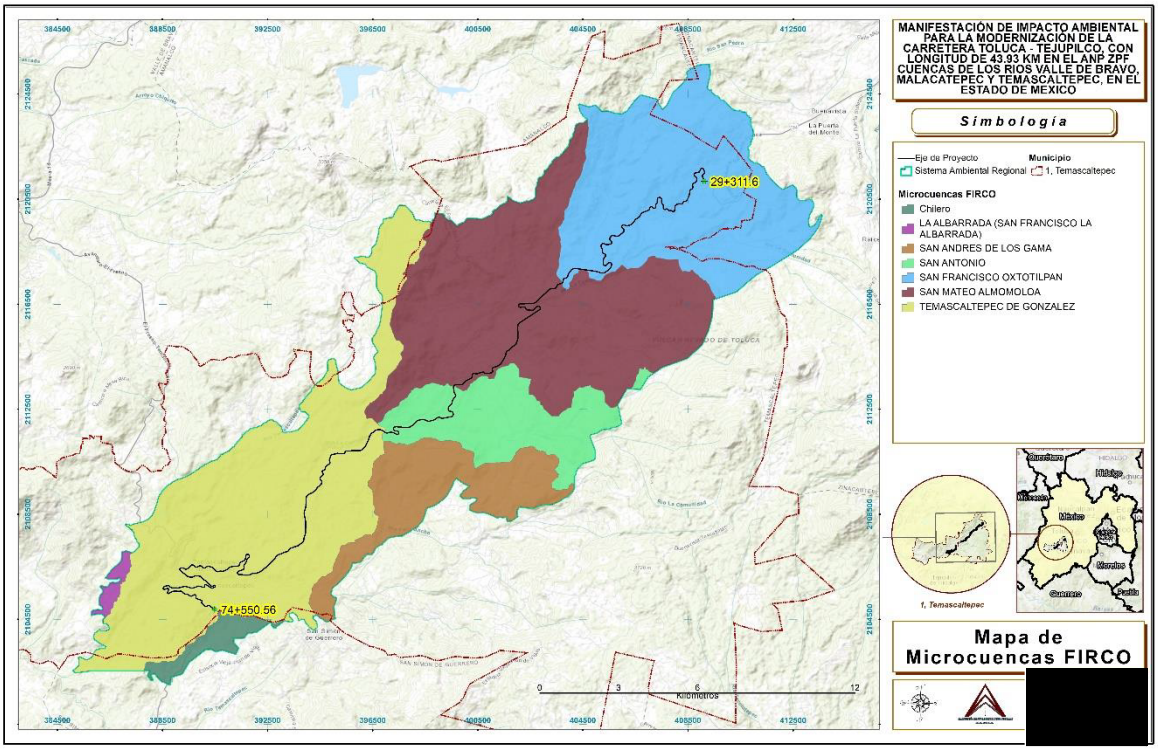


Figura 23. Distribución de las microcuencas en el SAR

De manera particular, debido al relieve accidentado y la amplia cobertura forestal, el SAR del proyecto se encuentra cubierto por una cantidad importante de aguas superficiales. Entre las corrientes perennes se encuentran las siguientes: Arroyo Hondo, Arroyo el Zacatonal, Río Verde, Río Agua Chula, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras, Arroyo Cruz de Palo, Arroyo Confites y Río Temascaltepec. Asimismo, se presentan numerosas corrientes intermitentes.

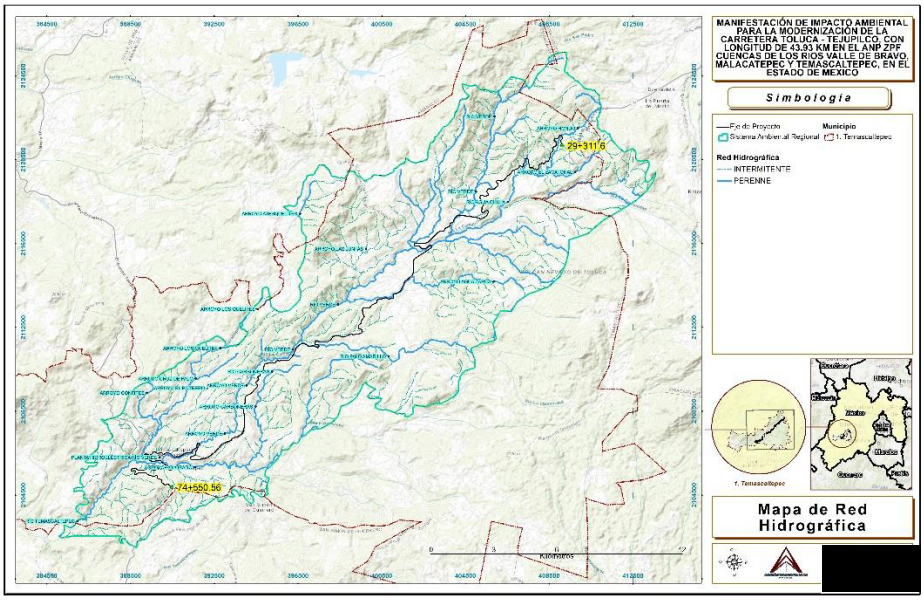


Figura 24. Vista de las corrientes perennes e intermitentes en el SAR

En el área de influencia del proyecto, las principales corrientes perennes corresponden al denominado Arroyo Hondo, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras y Río Verde.

El Arroyo Hondo desciende del Nevado de Toluca, transcurriendo entre vegetación que corresponde a bosque de Oyamel; cruza el trazo en el cadenamiento 29+850, para continuar de manera paralela su recorrido hacia el suroeste, sucediendo en las colindancias de la localidad Mesón Viejo, donde posteriormente cambia de nombre a arroyo Agua Chula, y en las colindancias del cadenamiento 40+800 se vuelve tributario del Río Verde.

Es una corriente de 3er orden; entre los usos de suelo y vegetación con los que colinda se encuentran además del bosque de Oyamel, bosque de pino y bosque de pino-encino, aunque también atraviesa importantes superficies que albergan agricultura de temporal anual.

En las siguientes tablas se muestran sus principales indicadores, información obtenida del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) versión 4.0 (Tabla 10).

Tabla 10. Indicadores de flujo del arroyo Hondo

FLUJOS DE CORRIENTE ARRIBA	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	3122 m
Elevación media	2952 m
Elevación mínima	2782 m
Longitud	1766 m
Pendiente media	19.25%
Tiempo de concentración	7.50 (min)
Área drenada	1.02 km2

FLUJOS DE CORRIENTE ABAJO	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	2811 m
Elevación media	1739 m
Elevación mínima	667 m
Longitud	91577 m
Pendiente media	2.34%
Tiempo de concentración	544.37 (min)

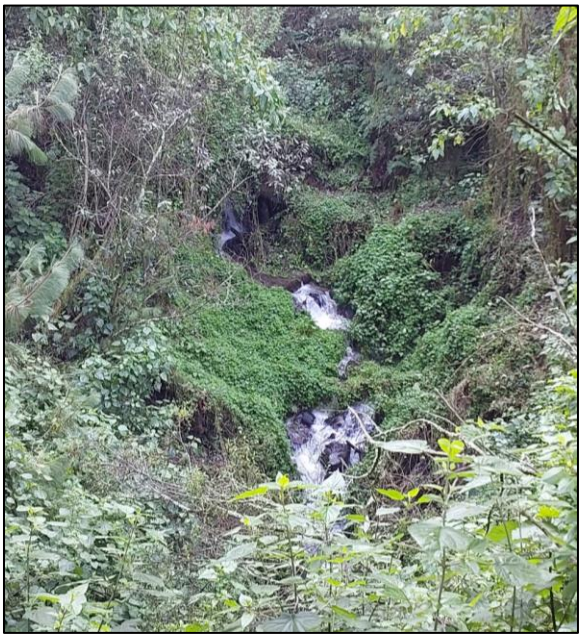


Figura 25. Vista del arroyo Hondo

El arroyo Agua Zarca de igual forma proviene del Nevado de Toluca, al noreste del SAR, insertándose en el área de influencia a la altura del cadenamiento 45+400; transcurre hacia el suroeste y posteriormente cruza la carretera en el km 46+514.46, donde acompaña el camino hasta el km 47+500, hasta unirse al Río verde, ya fuera de la superficie del AI.

Es una corriente perenne de 4to orden; en su nacimiento ocurre sobre el tipo de vegetación que corresponde a bosque de pino, sin embargo, en el área de influencia esta comunidad ha sido eliminada para dar paso a zonas dedicadas a la agricultura de temporal anual.

Tabla 11. Indicadores de flujo del arroyo Agua Zarca

FLUJOS DE CORRIENTE ARRIBA	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	3018 m
Elevación media	2758 m
Elevación mínima	2499 m
Longitud	7408 m
Pendiente media	7.01%
Tiempo de concentración	49.53 (min)
Área drenada	9.74 km2

FLUJO DE CORRIENTE ABAJO	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	2460 m
Elevación media	1563 m
Elevación mínima	667 m
Longitud	82229 m
Pendiente media	2.18%
Tiempo de concentración	516.37 (min)



Figura 26. Arroyo Agua Zarca

El río Palo Amarillo se origina en las partes altas, al este del Sistema Ambiental. En dicho SAR ocurre en las colindancias de la localidad El Aguaje, continuando su recorrido cerca de La Estancia de Tequesquipan y posteriormente por Cieneguilla de González. En el área de influencia se inserta a 300 metros al sur del cadenamiento 50+900, para posteriormente cruzar en el cadenamiento 52+595.83 donde transcurre paralelo al proyecto hasta el 53+500, desembocando posteriormente en el río Verde.

Es una corriente de 4to orden. En su origen la vegetación corresponde a bosque de pino, sin embrago, conforme transcurre y se encuentra con asentamientos humanos, el uso de suelo sufre una conversión para dar paso a zonas agrícolas; en el área de influencia, la vegetación aledaña corresponde a bosque de pino-encino en estado secundario.

A continuación, se presentan sus principales indicadores hídricos (Tabla 12).

Tabla 12. Indicadores de flujo del arroyo Palo Amarillo

FLUJOS DE CORRIENTE ARRIBA	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	3464 m
Elevación media	2780 m
Elevación mínima	2097 m
Longitud	18311 m
Pendiente media	7.47%
Tiempo de concentración	100.02 (min)
Área drenada	31.69 km2

FLUJOS DE CORRIENTE ABAJO	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	2223 m
Elevación media	1445 m
Elevación mínima	667 m
Longitud	76718 m
Pendiente media	2.03%
Tiempo de concentración	500.78 (min)



Figura 27. Arroyo Palo Amarillo

El río carbonaras se inserta en el área de influencia al este del cadenamiento 57+000 a una distancia de 343 metros del eje del proyecto, transcurriendo hacia el sur, hasta el cadenamiento 58+800, donde se denomina Arroyo Carbonaras. Continua su recorrido hasta unirse al arroyo Colorado, el cual constituye el límite del área de influencia en la porción sureste, donde atraviesa la localidad de Temascaltepec de González, donde se une al Río Verde, descargando posteriormente sus aguas al Río Temascaltepec.

Esta corriente perenne de 4to orden, fluye principalmente por bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbustiva derivada de este, además del ya mencionado asentamiento humano. Sus principales características se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Indicadores de flujo del Rio Carbonaras

FLUJOS DE CORRIENTE ARRIBA	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	2258 m
Elevación media	2089 m
Elevación mínima	1921 m
Longitud	4447 m
Pendiente media	7.58%
Tiempo de concentración	31.23 (min)
Área drenada	3.40 km2

FLUJOS DE CORRIENTE ABAJO	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	1994 m
Elevación media	1330 m
Elevación mínima	667 m
Longitud	72689 m
Pendiente media	1.83%
Tiempo de concentración	500.24 (min)

Finalmente, el Río Verde se origina de los deshielos del Nevado de Toluca, en un tipo de vegetación que corresponde a bosque de oyamel; su trayectoria se une a la altura de la cabecera

municipal y forman una sola corriente que recibe el nombre de Río Temascaltepec, también denominado Río Grande.

En el área de influencia, este río comienza a acercarse al eje del proyecto a partir del cadenamiento 35+200, en donde fluye por áreas agrícolas; cruza la carretera en operación en los kilómetros 39+607.49, 46+514.46 y 63+520, desplazándose entre vegetación secundaria de bosque de pino-encino y posteriormente cruzando el asentamiento de Temascaltepec de Gonzáles, hasta encontrar el cauce del río Temascaltepec, donde vierte sus aguas.

Esta corriente de 5to orden es una de las principales corrientes de agua del municipio, sin embargo, gran parte de la superficie por donde transcurre ha sido afectada por el cambio de uso de suelo, y por tanto, su trayectoria se desplaza por áreas dedicadas a la agricultura de temporal anual principalmente, y por otra parte, ocurre entre fragmentos de vegetación, bosque de pino-encino en su mayoría.

Tabla 14. Indicadores de flujo del Rio Verde

FLUJOS DE CORRIENTE ARRIBA	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	2258 m
Elevación media	2089 m
Elevación mínima	1921 m
Longitud	4447 m
Pendiente media	7.58%
Tiempo de concentración	31.23 (min)
Área drenada	3.40 km2

FLUJOS DE CORRIENTE ABAJO	
PROPIEDAD	**VALOR**
Elevación máxima	1994 m
Elevación media	1330 m
Elevación mínima	667 m
Longitud	72689 m
Pendiente media	1.83%
Tiempo de concentración	500.24 (min)



Figura 28. Río Vede

Como se ha mencionado, además de las corrientes perennes antes descritas, tanto en el SAR como en el AI son numerosas las corrientes intermitentes. De acuerdo a ello, en la siguiente tabla se muestra la ubicación de aquellos escurrimientos que serán intervenidos directamente por el proyecto. Cabe destacar que para la identificación de los escurrimientos se efectuó la verificación en campo, con la finalidad de determinar su ubicación precisa, la cual se muestra a continuación.

Tabla 15. Corrientes perennes e intermitentes que cruzan con el camino

Nombre	CONDICION	ORDEN	NIVEL	km	X	Y
Arroyo Hondo	PERENNE	3	2	29+850	409075.9093	2121661.692
	INTERMITENTE	2	3	30+241.16	408771.7475	2121497.279
	INTERMITENTE	2	3	30+803.32	408678.8878	2121062.675
	INTERMITENTE	1	3	31+085.44	408574.201	2120828.31
	INTERMITENTE	1	3	31+418.75	408488.99	2120508.547
	INTERMITENTE	1	3	31+608.37	408345.343	2120417.235
	INTERMITENTE	1	3	31+995.38	408026.2755	2120270.8
	INTERMITENTE	1	3	32+492.35	407735.6489	2120101.752
	INTERMITENTE	1	4	32+827.17	407555.4539	2120282.062
	INTERMITENTE	2	4	33+250	407351.5006	2120538.791
	PERENNE	2	3	33+391.95	407333.099	2120408.186
	INTERMITENTE	1	3	33+845.89	407089.4536	2120215.925
	INTERMITENTE	1	3	34+212	406812.2691	2120011.579
	INTERMITENTE	1	3	38+009.21	405579.3644	2118060.537
Rio Verde	PERENNE	4	2	39+607.49	404235.4727	2117862.121
	PERENNE	5	1	43+413.37	402869.8925	2116384.32
	INTERMITENTE	2	2	43+752	402653.3026	2116162.779
Rio Verde	PERENNE	4	2	46+514.46	401133.8249	2114110.7
	INTERMITENTE	2	2	49+825	399564.4108	2112284.697
Rio Palo Amarillo	PERENNE	4	2	52+595.83	397496.1377	2111630.455
	INTERMITENTE	1	2	56+730	394591.5704	2109975.135
	INTERMITENTE	1	2	62+960	391605.4023	2106481.614
	INTERMITENTE	1	2	63+420	391801.7867	2106878.477
Arroyo Verde	PERENNE	5	1	63+520	391776.5626	2106966.85
	INTERMITENTE	2	2	65+285	390365.5244	2106491.097
	INTERMITENTE	1	2	65+390	390289.7634	2106517.085
	INTERMITENTE	2	3	66+000	389746.2117	2106507.122
	INTERMITENTE	2	3	66+823	389223.9306	2106326.118
Arroyo Colorado	PERENNE	6	1	67+719	390005.0009	2106073.79
	INTERMITENTE	1	3	70+276.37	390077.7825	2105724.777
	INTERMITENTE	1	2	70+668	389701.8904	2105708.97
	INTERMITENTE	1	2	70+708	389664.4342	2105688.688

Parte importante de las necesidades del camino existente, son la modernización de obras hidráulicas, puesto que las actuales se encuentran en pésimas condiciones estructurales, carecen de las dimensiones adecuadas, o bien, se encuentran muy azolvadas, lo que conlleva a un mal desempeño hidráulico.

Por tal motivo, en el proyecto se incluyen **190 obras** de drenaje transversal, de las cuales, serán 143 reemplazos, 2 ampliaciones, 41 obras nuevas y 4 que se mantienen iguales. A la vez, se subdividen en 188 obras menores (167 tubos de concreto, 12 losas de concreto, 3 cajones de concreto y 6 bóvedas) más dos obras mayores que consisten en la ampliación de un puente y la colocación de un tubo especial de 6.71 metros de diámetro.

Con la implementación de dichas obras, no se alterará la dinámica hidrológica de la región, se favorecerá la distribución de los flujos hídricos hacia el terreno natural, fomentando la infiltración. Además de ello, en los sitios en los que el trazo alberga vegetación forestal en mejor estado de conservación, asi como por la calidad ecológica, conectividad entre fragmentos, humedad, temperatura, luz, pendiente del terreno y posibilidad de hábitat de fauna silvestre, algunas de las obras de drenaje en comento tendrán adecuaciones como paso de fauna, favoreciendo el desplazamiento de especies, principalmente reptiles y mamíferos.

La ubicación de las obras contempladas por el proyecto puede consultarse en el apartado "II.1.3.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL- OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL" del capítulo 2 de la presente MIA-R.

Aunado a ello, el presente proyecto contempla la implementación de diversas medidas de prevención, reducción y mitigación, cuya ejecución es prioritaria con la finalidad de evitar la aparición de impactos ambientales que pudieran afectar al componente hídrico.

IV.2.2.1.7 Hidrología subterránea

En cuanto a aguas subterráneas y abastecimiento de la población, en el municipio de Temascaltepec se han contabilizado 27 manantiales y 34 tanques de agua (INEGI, 2019), de los cuales se desprenden 20 acueductos que funcionan para abastecer a la población de la cabecera municipal y zonas aledañas, los manantiales que dotan de agua potable a la cabecera municipal son "El Ojo de Agua" y "Las Juntas", adicionalmente, muchas de las viviendas se abastecen de agua por medio de pozos localizados dentro de las mismas.

Asimismo, el SAR delimitado se encuentra sobre la superficie de dos acuíferos denominados "Villa Victoria-Valle de Bravo" y "Temascaltepec".

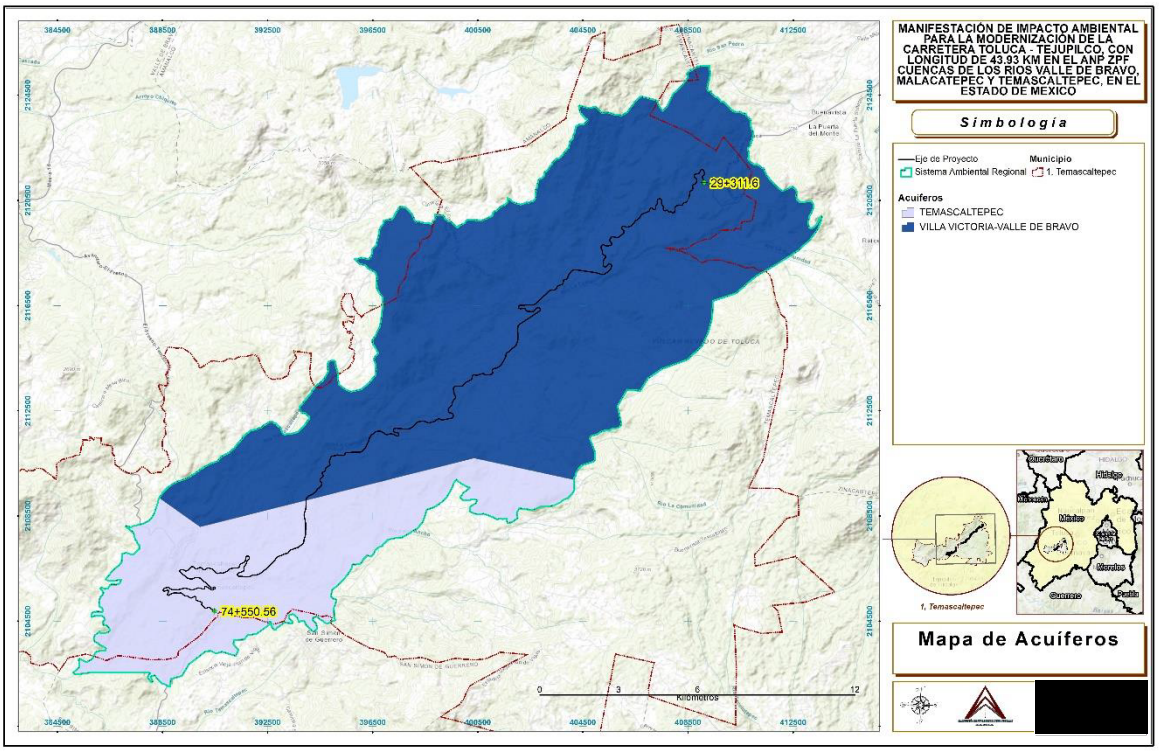


Figura 29. Acuíferos en los que incide el SAR

Ambos acuíferos están constituidos por tres unidades hidrogeológicas:

Materiales de permeabilidad alta que constituyen zonas de recarga y/o acuíferos de potencialidad alta. En esta unidad hidrogeológica se agruparon a los derrames volcánicos y a los depósitos aluviales. Son materiales que están constituidos por materiales granulares y por rocas fracturadas, principalmente de composición básica; se agrupan debido a su alta permeabilidad, lo que les permite constituir acuíferos de alta potencialidad, así como zonas de recarga importantes. En el caso de los materiales granulares, su potencialidad es menor por su reducido espesor y extensión lateral.

Materiales de permeabilidad media que constituyen zonas de recarga y/o acuíferos de potencialidad media. Estas unidades comprenden a rocas que presentan permeabilidad media a alta, la cual es originada principalmente por fracturamiento. La mayor parte de estas unidades están conformadas por rocas ígneas extrusivas de composición intermedia; en las zonas en donde afloran constituyen zonas de recarga y en el subsuelo conforman acuíferos de potencialidad media.

Materiales de permeabilidad baja que constituyen zonas de barreras. En esta unidad hidrogeológica se agrupa a las rocas metamórficas que se localizan en la parte suroccidental del área; debido a que su litología y fracturamiento escaso y discontinuo, su permeabilidad puede ser de baja a prácticamente nula. Por esta razón en superficie el agua de precipitación sólo escurre sobre ellas, mientras que en el subsuelo constituyen barreras al movimiento del agua.

El acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo es el de mayor superficie en el SAR, abarcando 17,609.39 hectáreas, es decir, el 73.95% de la poligonal. Este se localiza en la porción oeste del estado de México y tiene una superficie aproximada de 2 144 km^2.

Con base en las unidades hidrogeológicas antes descritas se considera que el acuífero es de tipo libre, con condiciones locales de semiconfinamiento. El volumen de extracción de acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) es de 2.09 hm3/año.

Las entradas al acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo están integradas básicamente por las recargas naturales verticales (Rv).

Aunado a la escasa extracción del agua subterránea, la región está conformada casi en su totalidad por serranías, existiendo entre ellas pequeños valles intermontanos que es donde se localizan los escasos aprovechamientos. La descarga del acuífero ocurre principalmente por bombeo (B), la descarga a través de manantiales (Dm) y flujo base de los ríos (Dfb); el valor de la extracción por bombeo asciende a 2.1 hm3/año. Asimismo, existen 1182 manantiales que descargan un volumen de 142.3 hm3/año.

Finalmente, con respecto a la disponibilidad media anual se estima que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, el déficit es de 1,350,558 m^3 anuales (CONAGUA, 2024).

Por su parte, el acuífero Temascaltepec abarca en el SAR una superficie de 6,200.64 hectáreas (26.04% de la poligonal delimitada). Se localiza en la porción suroeste del estado de México, entre los paralelos 18°49’58.9’’ y 19°08’ 37.0’’ latitud norte y entre los meridianos 99°51’17.9’’ y 100°36.0’ 46.2’’ longitud oeste; tiene una superficie aproximada de 1 410 km^2.

La extracción en el acuífero Temascaltepec es de 2.6 hm3/año, destinado casi en su totalidad para satisfacer las necesidades del uso doméstico.

De acuerdo con la información hidrométrica de la Estación Temascaltepec, se observa un gasto medio mensual mínimo de aproximadamente 3 m^3/s durante los meses de estiaje, lo que se interpreta como un flujo base del orden de 94.6 hm^3/año. Existen también descargas naturales por evapotranspiración y salidas subterráneas.

Para el acuífero Temascaltepec la recarga media anual es igual a 100.8 hm^3/año, y la descarga comprometida es de 94.6 m^3/año. El volumen anual de extracción, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de septiembre del 2008 es de 355,606 m^3/año. Finalmente, con respecto a la disponibilidad de aguas subterráneas, la cifra indica que existe un volumen disponible de 5’844,394 m3 anuales disponibles para otorgar nuevas concesiones (CONAGUA, 2015).

IV.2.2.2 Medio biótico.

Los factores bióticos corresponden a los seres vivos dentro de un ecosistema; incluyen interacciones entre organismos, como enfermedades, depredación, parasitismo y competencia entre especies o dentro de una misma especie, así como interacciones entre organismos; los seres vivos se consideran fuerzas bióticas en sí mismos.

En un ecosistema, la forma en que estos componentes interactúan entre sí es crucial. Los organismos autótrofos, como las plantas, que producen su propio alimento, y la diversidad de consumidores influyen en la salud del ecosistema en su conjunto.

A continuación, se describen los principales factores bióticos del ecosistema (flora y fauna) que forman parte del SAR delimitado para el proyecto.

IV.2.2.2.1 Vegetación

IV.2.2.2.1.1 Usos de suelo y vegetación en el SAR

El Estado de México por su situación geográfica, variado relieve y diversidad de áreas climáticas es una entidad con gran biodiversidad. Los registros establecen que dentro del Estado existen al menos 3,524 especies de plantas y 125 especies de mamíferos y 490 de aves, lo que es solo un ejemplo de la magnitud de la riqueza biológica con que cuenta el Estado (Velasco, 2009).

La zona cuenta con recursos forestales constituidos principalmente por bosques de coníferas, bosques de latifoliadas, bosque mixto, bosque mesófilo de montaña y selva baja caducifolia.

En el SAR delimitado para el proyecto, de acuerdo con la cartografía elaborada basada en la carta correspondiente de INEGI (Serie VII), se presentan 7 usos de suelo, y 10 tipos de vegetación, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Usos de suelo y vegetación en el SAR

USO DE SUELO / VEGETACIÓN	HECTÁREAS	%
Agricultura de riego anual	74.36	0.31
Agricultura de riego anual y permanente	146.98	0.62
Agricultura de riego permanente	87.19	0.37
Agricultura de temporal anual	5083.95	21.35
Agricultura de temporal anual y permanente	87.27	0.37
Agricultura de temporal permanente	40.32	0.17
Asentamientos humanos	93.27	0.39
Bosque de encino-pino	509.06	2.14
Bosque de oyamel	2274.71	9.55
Bosque de pino	4841.91	20.34
Bosque de pino-encino	5175.60	21.74
Bosque mesófilo de montaña	1710.66	7.18
Pastizal inducido	1272.71	5.35
Vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel	109.28	0.46
Vegetación secundara arbórea de bosque de pino	188.89	0.79
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	115.79	0.49
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	1998.09	8.39
TOTAL	**23810.04**	**100.00**

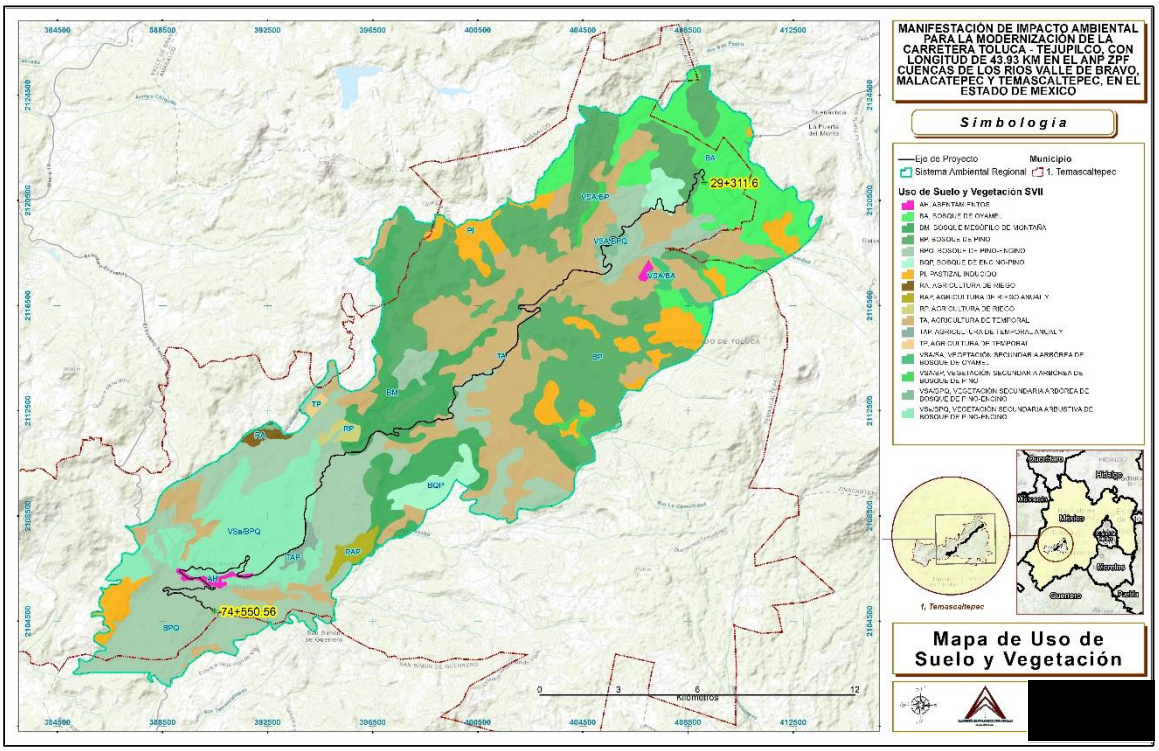


Figura 30. Distribución de los usos de suelo y vegetación en el SAR

De dichos usos de suelo y vegetación, el que mayor superficie ocupa en el SAR corresponde al bosque de pino-encino, el cual se distribuye en 5,175.60 hectáreas (21.74%), seguido de la agricultura de temporal anual que se presenta en 5,083.95 ha (21.355), y el bosque de pino con 4,841.91 ha (20.34%).

A continuación, se describen las principales características de cada uno de los usos de suelo y vegetación que se distribuyen en el SAR del proyecto.

- Agrosistemas.

Se incluyen los diferentes sistemas manejados por el hombre y que constituyen propiamente una cubierta de usos del suelo. En el SAR hace referencia a las áreas de producción de cultivos, obtenidos para su utilización por el ser humano ya sea como alimentos, forrajes, ornamental o industrial.

Los tipos de agricultura en el SAR se organizan bajo los siguientes criterios: temporalidad del cultivo y suministro de agua.

De acuerdo con el suministro de agua a los cultivos, estos son de dos tipos:

- Temporal: cuando el agua necesaria para su desarrollo vegetativo es suministrada por la lluvia.
- Riego: cuando el suministro de agua utilizada para su desarrollo es obtenido por fuentes externas, por ejemplo, un pozo, una presa, etcétera.

Por su duración, los cultivos en el SAR se clasifican en:

- Anuales: son aquellos cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año, por ejemplo, maíz, trigo, sorgo.
- Permanentes: la duración del cultivo es superior a diez años, como el caso del agave, el coco y frutales como el aguacate.

Los tipos de agricultura en la poligonal delimitada ocupan una superficie de 5,520 hectáreas, que representan el 23.18% del SAR; la mas representativa es la agricultura de temporal anual la cual ocurre en el 21.35% y corresponde a la principal actividad económica de la región.

Las especies que se cultivan son maíz de grano, aguacate, avena forrajera en verde, agapando, chícharo, alcatraz, café, cereza, calabaza, caña de azúcar, col, crisantemo, durazno, elote, gladiola, guayaba, haba verde, limón, maíz forrajero en verde, naranja, papa, jitomate y tomate. En el municipio de Temascaltepec, en el cual se ubica prácticamente la totalidad del SAR, el principal cultivo es el maíz grano, para el cual en el año 2017 se sembraron y cosecharon 4,965 ha (53.2%), le siguen en menor proporción el aguacate con 1,489 ha (15.9%) y la avena forrajera en verde con 942 ha (10%) (Programa de Manejo Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, 2018).



Figura 31. Vista de las áreas de cultivo en el SAR

- Asentamientos humanos

El SAR delimitado para el proyecto se ubica prácticamente en su totalidad en la superficie correspondiente al municipio de Temascaltepec, el cual se localiza geográficamente al sur poniente de la entidad, a 65 kilómetros (km) de la ciudad de Toluca, 31 km de Valle de Bravo y 140 km de la Ciudad de México; se encuentra dentro de la región urbana de Tejupilco (PDUE:2019), la región XIX Valle de Bravo y en el Sistema Urbano Rural CDMX-Toluca de la macroregión Centro II (ENOT:2020). Cabe destacar que, debido al carácter rural de este

municipio, así como a su valor ambiental y paisajístico, los asentamientos humanos ocupan únicamente 223 hectáreas de superficie, que corresponde al 0.4% del total. A excepción de la cabecera municipal, Temascaltepec, las localidades del municipio son pequeños asentamientos rurales dispersos en todo el municipio.

Así, en las colindancias de la carretera que pretende ser modernizada se ubican localidades como Mesón Viejo, San Francisco Oxtotilpan, Oxtotilpan, San Miguel Oxtotilpan, San Mateo Almomoloa, San Antonio Albarranes, Cieneguillas de González, San Sebastián Carboneras y Temascaltepec de González, la cual cuenta con 2,533 habitantes. Como se ha mencionado, la principal actividad económica de las localidades corresponde a la agricultura.



Figura 32. Asentamientos humanos

- Bosque de pino-encino

Es la vegetación con mayor presencia en la mitad sur del SAR. Se desarrolla en el norte del cerro La Soledad, sur de la cabecera municipal, sur y norte de Carnicerías y del km 70 al 76 de la carretera federal 134 Toluca-Tejupilco, en altitudes de 1 700 a 1 950 m.

La especie *Pinus leiophylla* llega a formar manchones puros, principalmente en las cimas de los lomeríos continuos, en las laderas y partes bajas; en dirección suroeste, *Pinus oocarpa*, es la especie más notoria. Los encinos se presentan entremezclados con los Pinus de manera heterogénea, siendo las especies representativas *Quercus magnoliifolia, Q. hintonii* y *Q. castanea*. Las especies acompañantes del estrato arbóreo son *Juniperus deppeana, Clethra mexicana, Arbutus xalapensis* y *Juglans regia;* el estrato arbustivo es muy escaso y las especies presentes son *Acacia* spp., *Arctostaphylos polifolia*, *Calliandra anomala, Cordia* sp. y *Wigandia urens.*

En el estrato herbáceo están *Asclepias curassavica, Begonia balmisiana, B. gracilis, B. hintoniana, Bletia gracilis, B. reflexa, Cyperus seslerioides, Eryngium subacaule, Ipomoea capillacea, Iresine heterophylla, Malaxis fastigiata, Manfreda pringlei, Oxalis tetraphyla, Trichocentrum*

cavendishianum, Oncidium hastatum, Phytolacca icosandra y *Stanhopea hernandezii*; en algunos sitios este estrato no existe.



Figura 33. Vista de la vegetación de pino-encino en el SAR

- Bosque de pino

Se distribuye en la mitad norte del SAR, en fragmentos discontinuos interrumpidos principalmente por extensas áreas dedicadas a la agricultura de temporal. Este tipo de vegetación ocupa 4,841.91 hectáreas de la poligonal delimitada para el presente proyecto.

Se presentan diversas asociaciones:

1. Asociación de *Pinus pseudostrobus, P. leiophylla* y *P. maximinoi.*

Esta asociación se distribuye en el norte y noreste, en altitudes de 2 500 a 3 100 m; en algunos sitios está muy bien conservada y en otras está francamente perturbada por la tala continua; sus individuos tienen alturas de 20 a 35 m; los elementos acompañantes son *Arctostaphylos pungens, Arbutus xalapensis, Clethra mexicana, Quercus laurina, Q. scytophylla, Berberis moranensis* y *Ternstroemia lineata*; en cañadas, escorrentías y orillas del acueducto se presentan *Alnus acuminata* ssp. *arguta, Alnus acuminata* ssp. *glabrata* y *Ceanothus coeruleus*. El estrato arbustivo es escaso en las áreas conservadas y está formado por *Symphoricarpos mycrophyllus, Rubus liebmannii, Eupatoriumglabratum, Salvia elegans, Baccharis conferta, Cestrum racemosum, Ceanothus coeruleus, Solanum cervantesii, Ricinus communis, Senecio peltiferus* y *Dahlia coccinea;* en el estrato herbáceo destacan *Acaena elongata, Agave attenuata, Achillea millefolium, Aegopogon tenellus, Agrostis gigantea, Polypogon viridis, Arracacia atropurpurea,Cirsium ehrenbergii, Eryngium carlinae, Festuca arundinacea, Fragaria mexicana, Monotropa uniflora, Oplismenus burmanni, Pennisetum clandestinum, Poa annua, Oxalis corniculata, Prescotia tubulosa, Ranunculus dichotomus, Salvia chamaedryoides, Setaria geniculata, Stevia ovata, S. monardifolia, Stipa ichu* y *Nassella mucronata*.

2. Asociación de *Pinus maximinoi, P. montezumae* y *P. oocarpa.*

Esta asociación se presenta en los alrededores de la localidad de San Miguel Oxtotilpan, en altitudes de 2 500 a 2 900 m, sobre un relieve bastante irregular. En áreas conservadas, *Pinus maximinoi* forma manchones densos con alturas promedio de 25 a 30 m, mientras que *Pinus oocarpa* se encuentra en espacios abiertos o perturbados. En el sur y sureste de esta localidad es más abundante *Pinus montezumae*. Especies arbóreas acompañantes son *Pinus pseudostrobus*, *Quercus crassipes*, *Q. laurina*, *Arbutus xalapensis* y *Clethra mexicana*. En el estrato arbustivo crecen *Symphoricarpos microphyllus, Rubus liebmannii, Solanum cervantesii, Cirsium ehrenbergii, Dahlia coccinea, Baccharis conferta,* y *Baccharis heterophylla*.

3. Asociación de *Pinus leiophylla, P. pseudostrobus* y *Quercus crassipes.*

Esta asociación se presenta al este y noreste de la localidad San Antonio Albarranes, suroeste del cerro la Estancia, norte del cerro Matasanos, norte y oeste de Cieneguillas y zonas aledañas.

El estrato arbóreo presenta una altura promedio de 16 a 20 m, como elementos acompañantes están *Alnus acuminata ssp. glabrata* y *Ternstroemia lineata*; en el estrato arbustivo predominan *Ceanothus coeruleus, Rubus liebmannii, Solanum cervantesii* y *Symphoricarpos microphyllus*.



Figura 34. Vista del bosque de pino

- Bosque de oyamel

Se ubica en fragmentos al norte del SAR; se conforma por pendientes abruptas, cañadas y valles con terrazas caracterizados por una mayor perturbación. Se encuentra en altitudes de 2 800 a 3 430 m.

Presenta un estrato arbóreo dominado por *Abies religiosa*, su altura es de 25 a 30 m; elementos acompañantes de este estrato, en orden de importancia, son *Pinus leiophylla*, *P. pseudostrobus*, *Quercus laurina*, *Q. candicans*, *Q. magnoliifolia*, *Q. scytophylla*, *Alnus acuminata* ssp. *arguta*; de manera escasa se presentan *Clethra mexicana*, *Ternstroemia sylvatica* y *Styrax glabrescens*; la presencia de estos últimos elementos es más notoria en las zonas perturbadas.

Aunque este tipo de vegetación se presenta puro, se observan asociaciones de *Abies religiosa* con *Alnus*, *Quercus* y *Pinus*; además, participan otras especies con menor abundancia.

La altura máxima en promedio del estrato arbóreo acompañante es de 18 a 24 m. Es notoria la presencia de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* formando manchones en las orillas de escorrentías y arroyos. El estrato arbustivo es muy escaso en las áreas conservadas; los elementos representantes son *Eupatorium glabratum*, *Senecio barba-johannis*, *S. praecox*, *S. salignus*, *Salvia gesneriiflora*, *Ceanothus coeruleus*, *Solanum cervantesii*, *Symphoricarpos mycrophyllus*, *Baccharis conferta* y *Baccharis heterophylla*.

El bosque de *Abies* es el tipo de vegetación con menos asentamientos humanos, debido a la irregularidad del terreno y a las condiciones climáticas; sin embargo, es utilizado para actividades agrícolas de temporal, pastoreo y extracción de madera para construcción, mangos de herramienta y leña. Esto ha provocado la presencia de abundante vegetación secundaria; las zonas más conservadas se encuentran en laderas muy abruptas, en salientes de roca o en tierras francamente inútiles para el cultivo.



Figura 35. Bosque de oyamel

- Bosque mesófilo de montaña

Abarca una superficie reducida en la porción central del SAR, ubicándose al sur de la localidad de Cieneguilla de González en altitudes que van de 1,900 a 2,800 m, así como al oeste de dicha

comunidad en altitudes de 1200 a los 2 100 m; ocurre en 1710.66 hectáreas que corresponden al 7.18% del área de estudio.

En este tipo de vegetación se pueden observar en su composición especies de *Quercus, Pinus* y *Alnus*. El estrato arbóreo tiene una altura de 20 a 30 m, entre sus elementos se encuentra *Pinus douglasiana, P. oocarpa, Quercus candicans, Q. crassipes, Fraxinus uhdei, Alnus glabrata, Ternstroemia lineata, Arbutus xalapensis y Styrax glabrescens*; en el estrato arbustivo están *Monnina sp., Oreopanax xalapensis, Rubus liebmannii, Solanum cervantesii* y *Desmodium sp.*

El bosque mesófilo próximo al municipio de Temascaltepec se encuentra en cañadas muy conservadas, pero con alto riesgo de desaparecer debido, principalmente, a que en sus partes elevadas existen establecimientos humanos que arrojan su basura al fondo de estos sitios.

- Bosque de encino-pino

Estas comunidades están conformadas por encinos (*Quercus* spp.), y en proporción algo menor de pinos (*Pinus* spp.). Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino. Son árboles perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variable durante todo el año.

Las especies más representativas en estas comunidades del SAR son *Quercus castanea, Q. magnoliifolia, Q. obtusata, Q. scytophylla, Pinus montezumae y Pinus oocarpa.*

- Vegetación secundaria

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

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

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

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

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

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

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

Así, en el SAR en estudio, los diversos disturbios a los que ha sido sometida la vegetación, a propiciado su modificación en estructura y composición, dando lugar a comunidades entre las que se encuentran: vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino, vegetación secundara arbórea de bosque de pino, vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de oyamel, las cuales presentan especies de las comunidades originales, asociadas e especies con mayor tolerancia a la perturbación.

- Pastizal inducido

Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos, o bien de ambos factores juntos, se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene. Otras veces el pastizal inducido no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de tala, incendios, pastoreo y muchas con ayuda de algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del pastizal (INEGI, 2017).

Estas localidades presentan en común a *Poa annua, Vulpia myuros, Sporobolus piramidatus, Pennisetum clandestinum, Cynodon dactylon, Sporobolus indicus* y *Aegopogon tenellu*s.

El pastizal en el área de estudio se encuentra comúnmente asociado con los bosques de Quercus, Pinus y Abies, no faltando asociaciones de éste con elementos muy característicos de vegetación secundaria. Es frecuente la existencia de zonas de cultivo con vestigios de bosques Quercus, Abies, y pastizal inducido.



Figura 36. Áreas de pastizales inducidos

Para realizar una aproximación al análisis y descripción de las comunidades vegetales que se encuentran tanto en el SAR delimitado, como en el área de influencia del proyecto, así como para conocer el número de especies que constituyen cada comunidad, sus abundancias y parámetros cuantitativos, se llevó a cabo un protocolo básico de muestreo. Con la información obtenida en dicho protocolo, fue posible caracterizar a la vegetación dominante a diferentes niveles, logrando obtener variables interpretativas a nivel de riqueza, abundancia, estructura y diversidad de la comunidad vegetal, lo cual brinda una idea más precisa del estado y función de algunas especies particulares. Para ello se llevó a cabo la metodología que a continuación se describe.

IV.2.2.2.1.2 Metodología para el Levantamiento de Flora en campo

- σ Muestreo de vegetación

El diseño de muestreo seleccionado parte del Manual de procedimientos para el muestreo en campo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos llevado a cabo por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR C.N., 2015), así como en el manual de técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales (Bautista, 2011).

El diseño del muestreo seleccionado para este estudio es el dirigido, el cual, trata de emplear un juicio profesional para seleccionar aquellas unidades de muestra que se consideran representativas del conjunto de la población; en relación con el muestreo probabilístico, este posee ventajas en lo referente a costo y tiempo (McRoberts, Tomppo, y Raymond, s.f.), con este se pueden hacer estimaciones puntuales dado que las unidades seleccionadas gozan de representatividad (Villalta, 2001).

En ese sentido, para obtener la información necesaria y conocer si con la afectación que el proyecto ocasionará, se pone o no en riesgo la vegetación, se efectuó tal como se menciona, un muestreo dirigido el cual se llevó a cabo en el mes de octubre con duración de 15 días (10 al 24 de octubre del 2025).

La ubicación de los sitios de muestreo se definió en primera instancia en función de la superficie requerida para el desarrollo de la obra, es decir, en los muestreos del área del proyecto se aseguró que los sitios sujetos a CUSTF entren correctamente dentro de la superficie forestal evaluada; así mismo se consideraron sitios con vegetación conservada del SAR.

Tabla 17. Coordenadas de los sitios de muestreo

SITIO	USV/VEG	COORDENADAS			SITIO	USV/VEG	COORDENADAS	
		X	Y				X	Y
AP 01	Vs/BP	408988	2121669		SAR 01	Vs/BP	405649	2121536
AP 02	Vs/BP	408336	2120426		SAR 02	Vs/BP	403260	2118375
AP 03	Vs/BP	406066	2119348		SAR 03	Vs/BP	399451	2119609
AP 04	Vs/BP	405356	2118780		SAR 04	Vs/BP	399711	2118556
AP 05	Vs/BP	403750	2117337		SAR 05	Vs/BP	396266	2109496
AP 06	Vs/BP	402730	2116199		SAR 06	Vs/BP	391241	2106842
AP 07	Vs/BPQ	401045	2113992		SAR 07	Vs/BPQ	407501	2120764
AP 08	Vs/BPQ	399484	2112690		SAR 08	Vs/BPQ	405706	2119507
AP 09	Vs/BPQ	398736	2112062		SAR 09	Vs/BPQ	405402	2118439
AP 10	Vs/BPQ	397408	2111674		SAR 10	Vs/BPQ	405303	2117244
AP 11	Vs/BPQ	396110	2110979		SAR 11	Vs/BPQ	405019	2115998
AP 12	Vs/BPQ	395107	2110803		SAR 12	Vs/BPQ	388294	2105732
AP 13	Vs/BPQ	391445	2106638		SAR 13	Vs/BPQ	402614	2114652
AP 14	Vs/BPQ	388563	2105653		SAR 14	Vs/BPQ	402940	2113083

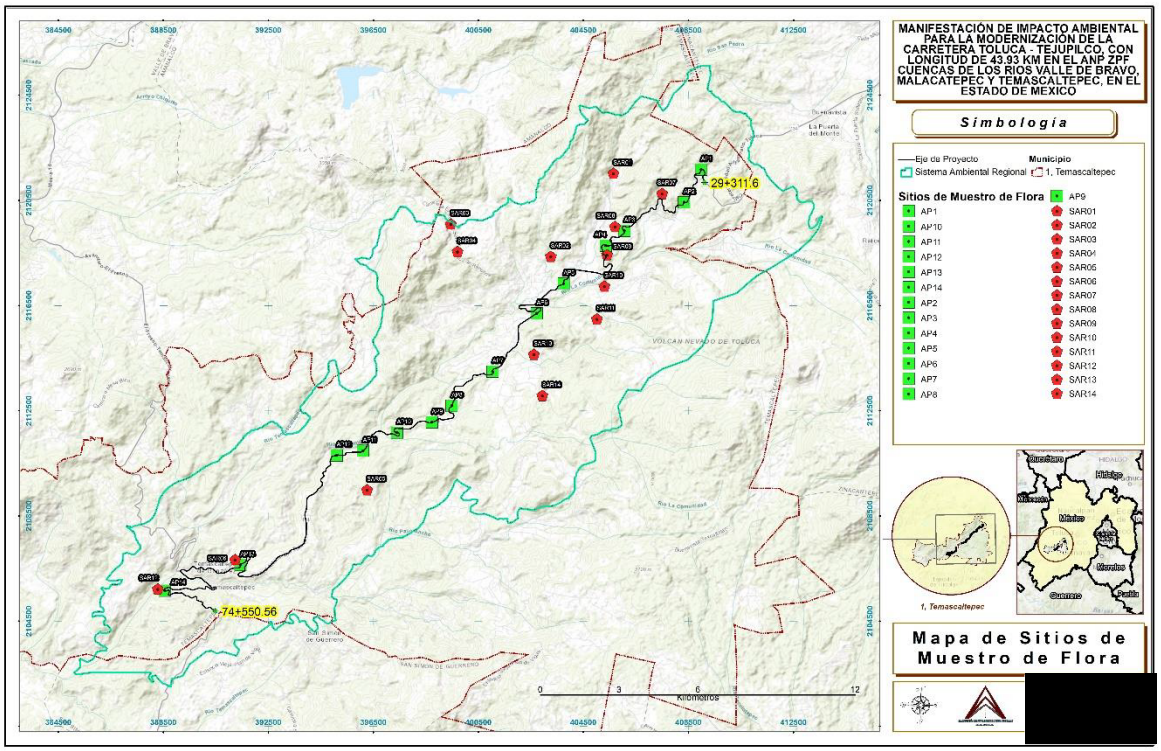


Figura 37. Ubicación de los sitios de muestreo

Se establecieron sitios de muestreo rectangulares; las unidades de muestreo utilizadas fueron las siguientes:

- **Sitio rectangular de 0.04 ha (400 m²)**. En esta unidad se contabilizaron, midieron y registraron todos los individuos arbóreos cuyo diámetro normal (diámetro de fuste principal a una altura de 1.30 m sobre el suelo) sea mayor a 5 cm, además de contabilizar el diámetro de copa mayor y el diámetro de copa menor, así mismo, se contabilizaron, midieron y registraron todos los individuos del estrato arbustivo cuyo diámetro normal (diámetro de fuste principal a una altura de 1.30 m sobre el suelo) sea menor a 5 cm, además de contabilizar el diámetro de copa mayor y el diámetro de copa menor, así también, en este sitio se contabilizan y miden diámetros de copa para el estrato conformado por cactáceas/rosetas, enredaderas y epifitas.
- **Sitio cuadrangular de 1 m².** En el inicio del sitio rectangular de 400 m², se delimitó un segundo sitio cuyas dimensiones son de 1 m por lado, en el que se contabilizaron y registraron las especies herbáceas, midiendo diámetros de copa mayor y menor.

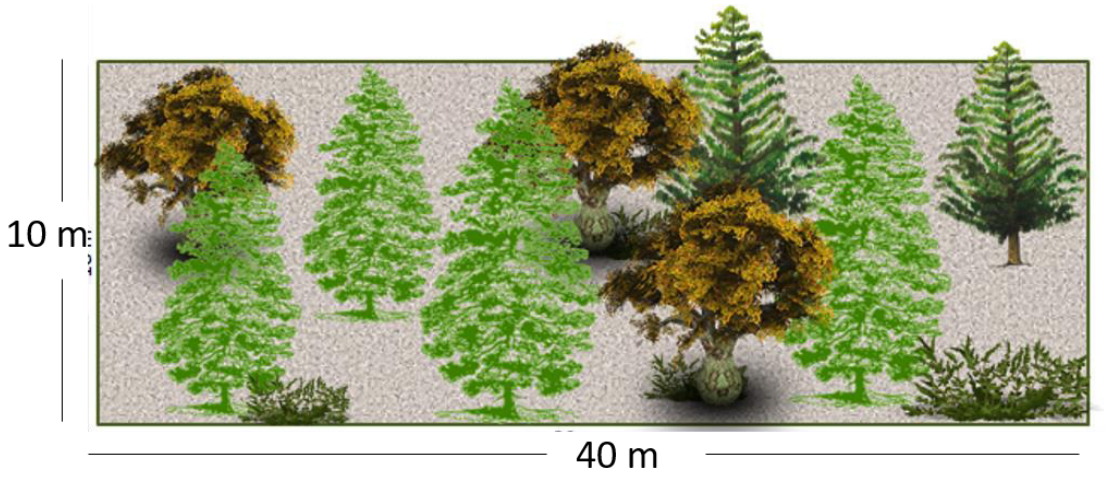


Figura 38. Diseño de muestreo

El procedimiento empleado para la colecta de la información forestal en la superficie del Área de Influencia fue el siguiente:

1. Como punto de partida y teniendo las coordenadas seleccionadas mediante el análisis de gabinete en ArcGis, en campo se procedió a buscar dichas coordenadas apoyándonos en un GPS Garmin eTrexVenture.
2. Una vez localizado el sitio seleccionado, se seleccionó un árbol como vértice principal del sitio de muestreo, este es georreferenciado con el GPS Garmin eTrexVenture (se anota la coordenada en los formatos de campo y se guarda en la memoria del aparato), así mismo, sobre el fuste del árbol se coloca el número de sitio correspondiente, y se identifica con la inicial S que representa que el sitio se trata del AI.
3. Se determinó la pendiente media del área para que de ser necesario se realice la compensación correspondiente, y posteriormente con una cinta métrica se midieron 40 metros en dirección Norte y 10 metros en dirección Este (tanto al inicio como al final de los 40 metros) para la delimitación del sitio. En cada vértice del rectángulo se colocó un banderín que permanece en el lugar hasta contar y registrar todos los individuos. Para el caso del estrato herbáceo, el procedimiento se realizó con apoyo de un flexómetro ya que la medida es de solo 1 m.
4. Posteriormente se realizó la medición de los individuos vegetales, cuantificando cada ejemplar arbóreo, arbustivo, herbáceo y epífitas en su respectiva unidad muestral, midiendo diámetro normal, altura, diámetro mayor y diámetro menor de copa para cada individuo en cada estrato evaluado.
5. Es importante mencionar que la medición de los individuos se realizó en forma de zigzag de Este a Oeste rumbo a dirección Norte.

El procedimiento empleado para la colecta de la información en la unidad de análisis denominada Sistema Ambiental Regional es el siguiente:

1. Como punto de partida y teniendo las coordenadas seleccionadas mediante el análisis de gabinete en ArcGis, en campo se procedió a buscar dichas coordenadas apoyándonos en un GPS Garmin eTrexVenture.

2. Una vez localizado el sitio seleccionado, se seleccionó un árbol como vértice principal del sitio de muestreo, este es georreferenciado con el GPS Garmin eTrexVenture (se anota la coordenada en los formatos de campo y se guarda en la memoria del aparato), así mismo, sobre el fuste del árbol se coloca el número de sitio correspondiente, y se identifica con la inicial X que representa que el sitio se trata del Sistema Ambiental Regional.
3. Se determinó la pendiente media del área para que de ser necesario se realice la compensación correspondiente, y posteriormente con una cinta métrica se midieron 40 metros en dirección Norte y 10 metros en dirección Este (tanto al inicio como al final de los 40 metros) para la delimitación del sitio. En cada vértice del rectángulo se colocó un banderín que permanece en el lugar hasta contar y registrar todos los individuos. Para el caso del estrato herbáceo, el procedimiento se realizó con apoyo de un flexómetro ya que la medida es de solo 1 m.
4. Posteriormente se realizó la medición de los individuos vegetales, cuantificando cada ejemplar arbóreo, arbustivo, epífitas y herbáceo en su respectiva unidad muestral, midiendo altura, diámetro mayor y diámetro menor de copa para cada individuo en cada estrato evaluado.



Figura 39. Delimitación del sitio de muestreo y toma de datos

En la Tabla 18 se presentan las características que se tomaron en cuenta para establecer el estrato al que pertenece cada ejemplar, además se señalan las variables de interés que fueron medidas en campo.

Tabla 18. Variables a evaluar durante el muestreo de flora

Estrato	Características	Variables de interés en el AI	Variables de interés en el SAR
Herbáceo	Todos los ejemplares no leñosos, ni de la familia Cactaceae	**Número de individuos por especie.** **Altura.** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la parte aérea de la herbácea. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la parte aérea de la herbácea.	**Número de individuos por especie.** **Altura:** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la parte aérea de la herbácea. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la parte aérea de la herbácea.
Epífitas	Se consideran a las plantas que crecen sobre otras plantas, adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos.	**Número de individuos por especie.** **Altura.** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la parte aérea de la epífita. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la parte aérea de la epífita.	**Número de individuos por especie.** **Altura:** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la parte aérea de la epífita. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la parte aérea de la epífita.
Arbustivo	Ejemplares que no tiene un tronco predominante. Los troncos se ramifican a partir de la base (ramas). Presentan una altura generalmente menor a 5 metros	**Número de individuos por especie.** **Altura.** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la copa del arbusto, tomando en cuenta el conjunto de ramas que conforman el arbusto.	**Número de individuos por especie.** **Altura:** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la copa del arbusto, tomando en cuenta el conjunto de ramas que conforman el arbusto.

Estrato	Características	Variables de interés en el AI	Variables de interés en el SAR
		Diámetro de copa menor. Se mide el diámetro menor de la copa del arbusto, tomando en cuenta el conjunto de ramas que conforman el arbusto.	**Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la copa del arbusto, tomando en cuenta el conjunto de ramas que conforman el arbusto.
Arbóreo	Ejemplares en los que existe un tronco predominante. Presenta una altura generalmente mayor a 5 metros. Presentan un diámetro normal de al menos 5 cm, y es susceptible de ser aprovechado como materia prima forestal maderable.	**Altura.** Se mide la altura total del individuo; así como la de sus ramas y brazos. **Diámetro normal.** Diámetro de la sección trasversal del fuste a 1.30 m de altura, tanto del fuste principal como la de sus ramas y brazos con diámetro normal mayor a 5 cm. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la copa del árbol. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la copa del árbol. Se registrará como individuo solo el fuste principal y los demás fustes con diámetro normal mayor a 5 cm serán medidos y registrados como brazos. Los diámetros de copa corresponden a la cobertura del individuo principal con todo y sus brazos	**Altura:** Se mide la altura total del individuo. **Diámetro de copa mayor.** Se mide el diámetro mayor de la copa del árbol. **Diámetro de copa menor.** Se mide el diámetro menor de la copa del árbol. Los diámetros de copa corresponden a la cobertura del individuo principal con todo y sus brazos.

- σ Procesamiento de los datos en gabinete

A través de las observaciones realizadas en el muestreo, la toma de fotografías y registro de caracteres botánicos importantes de los ejemplares de flora, se llevó a cabo la identificación de especies, para lo cual se consultaron distintas bases de datos institucionales, bibliografía especializada (libros, fascículos y manuales) y listados florísticos publicados para el área de interés; para el presente estudio se contó también con información del Herbario Nacional de México (MEXU), del Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y de The Plant List, estás fuentes fueron consultadas en línea.

Una vez obtenida la identidad de las especies, se procedió a analizar los datos de campo, con el software Excel 2010 de la paquetería de office.

Se analizaron algunas variables interpretativas (riqueza, abundancia, estructura, valor de importancia y diversidad de la comunidad vegetal) que nos permiten caracterizar la vegetación. Se calculó el valor de importancia (I.V.I.) sumando la Densidad relativa, la Frecuencia relativa y la Dominancia relativa de cada especie. La integración de esa información en el I.V.I. permite determinar las especies que funcionan como especies controladoras en el ecosistema, a las cuales se encuentran supeditadas otras especies vegetales. En un sentido más amplio, son las responsables más directas de la definición de la formación vegetal.

Tabla 19. Parámetros para calcular el Índice de Valor de Importancia

Abundancia (A)= No. de individuos de la especie i en el área muestreada		
Abundancia relativa (Ar)=	Abundancia de la especie i/Σ abundancias de todas las especies	X 100
Frecuencia (F)= No. de sitios en los que ocurre la especie i en el área muestreada		
Frecuencia relativa (Fr)=	Frecuencia de la especie i/Σ frecuencias de todas las especies	X 100
Dominancia (D)= Σ Cobertura de la especie i en el área muestreada		
Dominancia relativa (Dr)=	Dominancia de la especie i/Σ Dominancias de todas las especies	X 100

La estimación del índice de diversidad se realizó a través del índice de Shannon-Wiener con el logaritmo natural (ln); ya que 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); así como el índice de Pielou (J') , ya que mide la uniformidad o equilibrio de un ecosistema, expresada como la diversidad observada respecto a la diversidad que se podría obtener en una comunidad con el mismo número de especies pero con una uniformidad máxima, este valor oscila entre 0 y 1, cuanto más cercano este el valor a 1, mejor distribuida será la biodiversidad de especies.

Tabla 20. Índices para calcular la diversidad biológica del SAR

ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)	DONDE
IVI= Ar + Fr + Dr	IVI= Índice de valor de importancia
	Ar= Abundancia relativa
	Fr= Frecuencia relativa
	Dr= Dominancia relativa

ÍNDICE DE SHANNON-WIENER (H')	DONDE
$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi\ (\ln pi)$	H'= Índice de diversidad Shannon-Wiener
	S=Riqueza biológica o número de especies
	Pi= Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i
	Ln= Logaritmo natural
ÍNDICE DE PIELOU (J') $J' = \frac{H'}{H'max}$	**DONDE**
	J'= Equidad
	H'= Índice de diversidad Shannon-Wiener
	H'max= ln(S) logaritmo natural de la riqueza de especies

IV.2.2.2.1.3 Principales atributos de las comunidades vegetales en el SAR

Determinar la estructura florística, vertical y horizontal, la densidad de individuos dentro de un área boscosa permite conocer la naturaleza de la masa forestal, con base en su diversidad biológica, composición florística, así como la abundancia en la distribución espacial, y en los estratos altitudinales de las especies que forman las comunidades vegetales (Aguirre, 2002).

La composición florística describe al número de familias, géneros y especies en un bosque al momento de realizar un inventario. Los elementos que se consideran para lograrlo se enfocan en la diversidad, riqueza de especies y la similitud entre otras (Louman et al., 2001). Los estudios de la vegetación son uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de cualquier ecosistema. Por tal motivo, un inventario florístico planificado debe suministrar información de la riqueza específica (diversidad alfa) (Villarreal et al., 2006), en la que se incluye solamente el número de especies, no la abundancia de cada una de ellas.

En dicho contexto, **en el SAR delimitado para el presente estudio, se registraron un total de 188 especies**, pertenecientes a 64 familias y 141 géneros, de las cuales 171 pertenecen a la subdivisión Magnoliophyta, 5 a la Pinophyta, 10 Pteridophytas, además de 1 Equisetophyta y 1 Marchantiophyta (se anexa listado florístico).

Tabla 21. Riqueza florística en el SAR

Clasificación	Familia	Género	Especie
SUBDIVISIÓN PTERIDOPHYTA			
CLASE			
Pteridopsida	5	8	10
SUBDIVISIÓN EQUISETOPHYTA			

Clasificación	Familia	Género	Especie
CLASE			
Equisetopsida	1	1	1
SUBDIVSIÓN MARCHANTIOPHYTA			
CLASE			
Marchantiopsida	1	1	1
SUBDIVISIÓN PINOPHYTA			
Clase			
Pinopsida	2	4	5
SUBDIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA			
Liliopsida	9	23	28
Magnoliopsida	46	104	143
TOTAL	**64**	**141**	**188**

La familia Asteraceae es la que mayor abundancia presenta con 35 especies, seguida de Fabaceae con 14 y Lamiaceae con 7.

La familia Asteraceae por su número de especies es el grupo más diverso en la flora de México. Un recuento reciente señala la existencia documentada con ejemplares de herbario de cerca de 22,000 especies nativas de plantas vasculares (Villaseñor y Ortiz, 2013); de ellas poco más de 3,000 especies corresponden a la familia Asteraceae (alrededor de 14%). Esta familia botánica ha mostrado ser un representante importante de la riqueza florística total en muchas partes de México, en particular las zonas templadas (Rzedowski, 1991; Villaseñor et al. 2007).

Asimismo, las leguminosas son uno de los grupos más importantes de plantas sobre la Tierra. México alberga alrededor de 2,500 especies y taxa infraespecíficos (incluyendo algunas que corresponden a plantas domesticadas), pertenecientes a 147 géneros de sus tres subfamilias (Caesalpinioideae, Papilionoideae y Mimosoideae) y de las cuales, aproximadamente el 60% son endémicas al país. En el Estado de México crecen alrededor de 416 especies. Considerando de forma combinada la riqueza de especies y el endemismo, el Estado de México ocupa un lugar preponderante entre los estados de la República Mexicana; este grupo prácticamente se encuentra en cualquier rincón del mismo, excepto en aquellas zonas en donde las condiciones ambientales no lo permiten, como los pastizales alpinos en el Nevado de Toluca. Se distribuyen usualmente en todos los tipos de vegetación reconocidos, e incluso como parte de la vegetación secundaria derivada de estos, así como también en campos de cultivo y dentro de un amplio intervalo altitudinal que abarca desde los 610 a más de 3 000 msnm (Téllez, 2009).

Por su parte, la familia Lamiaceae en México cuenta con 33 géneros y 598 especies, de las cuales el 66.2 % son endémicas. El género más diverso es *Salvia*, con 306 especies. Las especies que conforman esta familia tienen distribución cosmopolita y se encuentran en casi todos los ecosistemas terrestres, aunque son más abundantes en bosques de clima templado, en zonas montañosas. En el estado de México, se tiene registro de 98 especies, pertenecientes a 15 géneros; de estas 62 son especies endémicas y 5 microendémicas.

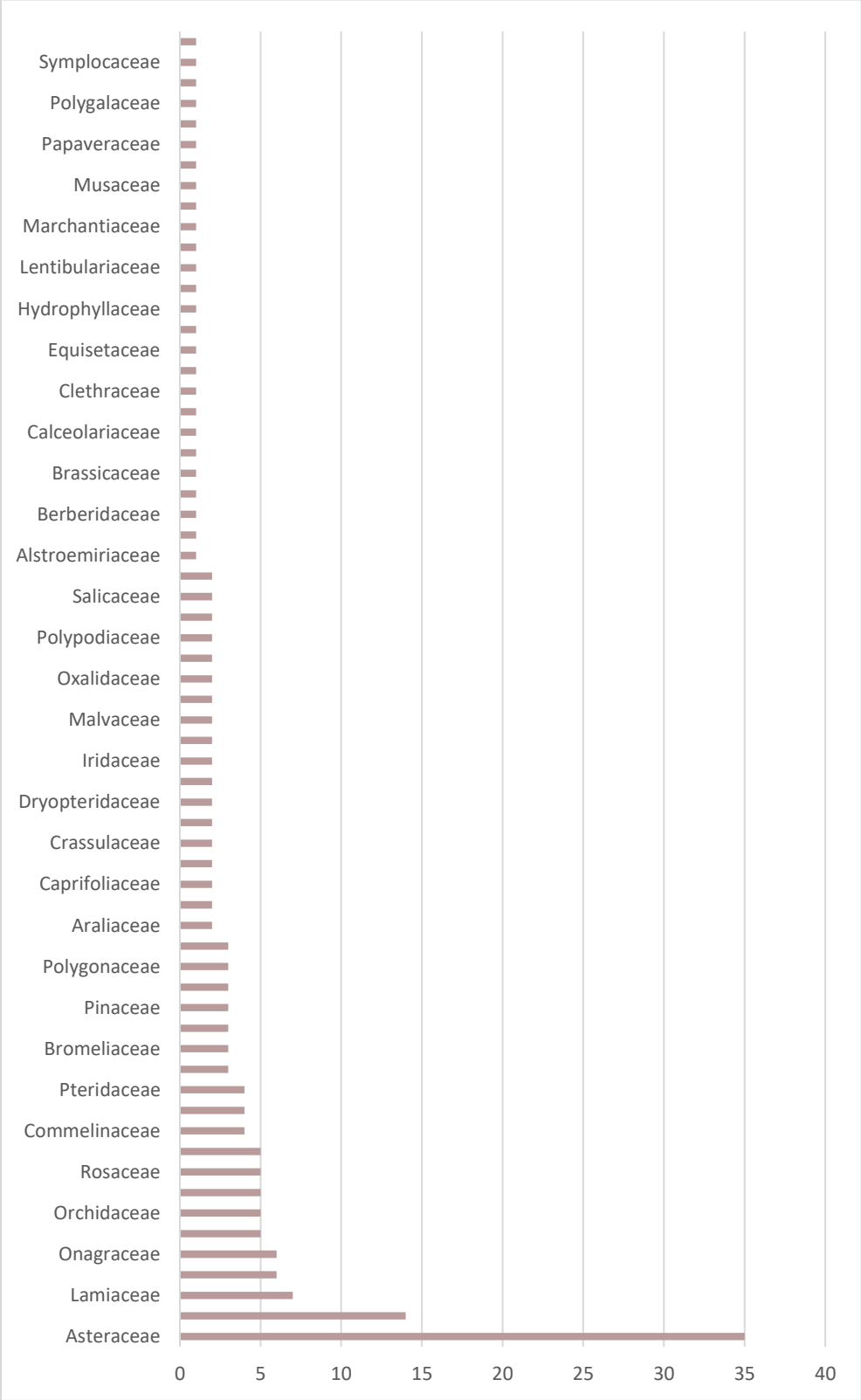


Figura 40. Familias con mayor abundancia de especies en el SAR

La forma de vida o estratificación florística, se entiende en general como la forma o estructura que presenta una especie, y es el producto de las condiciones ambientales y de las estrategias adaptativas y evolutivas de las plantas. Cada forma de vida se distingue de otra a través de características tales como su posición en la estratificación, tipo de ramificación, periodicidad (siempre verde, semidecidua, decidua) y tipo de hoja (tamaño, forma y textura), (Granados y Vargas, 2002). Las formas de vida de la vegetación registrada en el área de estudio se presentan en estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y epífito, de los cuales se detalla brevemente su descripción. La mayoría de las descripciones de los diferentes estratos vegetales está basada en lo descrito por Whittaker, 1962.

a) Vegetación Arbórea (árboles): árboles leñosos de más de tres metros de altura; hojas aciculares (Pinos, Oyameles, etc.); hojas anchas, perennifolios (árboles tropicales y esclerófitas); hoja anchas y deciduas (zonas templadas); árboles espinosos.
b) Vegetación Arbustiva (arbustos): plantas leñosas de menos de tres metros de altura; ramificadas, con base leñosa y perenne; hojas aciculares; hojas anchas perennifolias; hojas anchas caducifolias; esclerófila perennifolia.
c) Vegetación Herbácea (malezas): plantas generalmente anuales, con consistencia de hierba (no leñosa).
d) Vegetación Epifita: plantas que habitan sobre otras plantas, sin ser parasitas.

Del total de especies registradas, 23 corresponden al estrato arbóreo, 37 al estrato arbustivo, 122 son herbáceas, y 6 especies son epífitas.

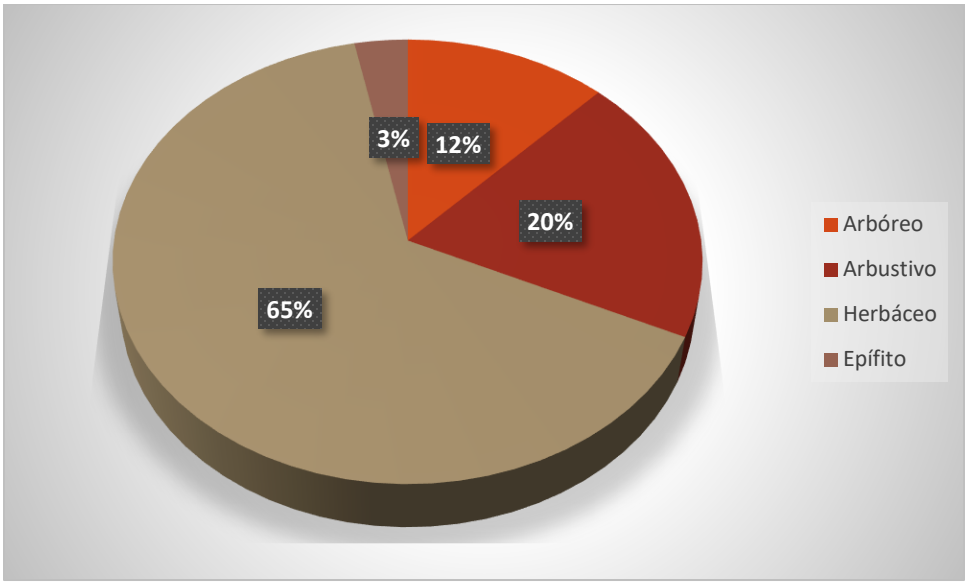


Figura 41. Formas de vida en el SAR

El estrato herbáceo presenta la mayor riqueza de especies; de acuerdo a Villaseñor y Ortiz (2014), las herbáceas en el grupo de las plantas con flores del país, habitan comúnmente en bosques templados, claros o lugares perturbados derivados. En el SAR, la mayoría de las especies herbáceas son ruderales asociadas a los campos agrícolas, así como a los pastizales inducidos; aun así, en el sotobosque de la vegetación de bosque de pino, y bosque de pino-encino, este estrato es importante.

El estrato arbustivo está constituido por 37 especies, entre las que predominan *Baccharis conferta, Stevia ovata, Symphoricarpos microphyllus, Rubus liebmannii, Furcraea parmentieri, Cestrum anagyris, Salix paradoxa, Fuchsia encliandra, Comarostaphylis discolor, Ageretina adenophora* y *Lupinus aschenbornii* formando parte del bosque de pino, mientras que en el bosque de pino-encino se registran especies entre las que se encuentran, además de algunas de las ya mencionadas, *Ageratina grandifolia, Cestrum thyrsoideum, Fuchsia obconica, Oreopanax xalapensis, Phenax hirta, Telanthophora andrieuxii, Symplocos citrea, Ceanothus caeruleus, Calliandra houstoniana, Mimosa galeottii, Juniperus deppeana, Vachellia pennatula, Vachellia farnesiana, Monnina ciliolata, Monochaetum calcaratum, Garrya laurifolia, Cestrum nocturnum, Roldana albonervia y Rhamnus serrata.*

Al estrato arbóreo lo conforman 23 especies, con una altura promedio de 15 metros para el dosel del bosque de pino, mientras que de 9 metros para el bosque de pino-encino. Entre las principales especies arbóreas registradas se encuentran: *Pinus montezumae, Pinus oocarpa, Quercus laurina, Quercus calophylla, Quercus rugosa, Quercus magnoliifolia, Quercus crassipes Alnus jorullensis, Ceanothus caeruleus, Arbutus xalapensis* y *Clethra mexicana,* las cuales forman parte de las comunidades de pino, y pino-encino que se distribuyen en el área de estudio.

Finalmente, de acuerdo a los muestreos efectuados en el área de estudio, se registraron especies epífitas las cuales pertenecen a familias importantes para la conservación de la biodiversidad, como Orchidaceae, Bromeliaceae y Cactaceae; entre las especies registradas se encuentran *Catopsis paniculata, Tillandsia dugesii, Tillandsia prodigiosa, Disocactus speciosus, Encyclia microbulbon* y *Trichocentrum cavendishianum,* respectivamente.

Por otra parte, se determinó el origen florístico de las especies registradas, el cual sirve como un indicador que consiste en determinar que especies son nativas para México, así como aquellas que han sido introducidas. Este indicador permite valorar los recursos florísticos con bastante precisión, pues entrega información acerca de la calidad de las especies de un sitio dado y, por lo tanto, de su importancia como recurso biológico.

La flora nativa tiene la capacidad de funcionar dentro del contexto ecológico, puesto que sus requerimientos hídricos son bajos, resisten altas o bajas temperaturas y son resistentes a plagas y enfermedades. Sin embargo, las especies exóticas han ido colonizando nuevos espacios desde que el ser humano comenzara a viajar y comerciar. El aumento del comercio, la exploración y la colonización propició la introducción de especies útiles (comestibles, medicinales etc.), pero también la invasión de especies nocivas. Las especies exóticas invasoras afectan los ecosistemas nativos y los agroecosistemas, y provocan estragos ambientales, económicos o culturales.

Algunas de las principales repercusiones suelen ser la degradación de los hábitats, la competencia con especies nativas, el desplazamiento y las bajas de rendimiento en especies económicamente relevantes para la agricultura, la forestaría o la acuicultura.

En el área del proyecto, del total de especies registradas para el SAR se determinó la presencia de 14 especies introducidas, casi todas herbáceas que corresponden a especies ruderales establecidas en campos de cultivo, pastizales inducidos, así como en el borde inmediato de la carretera en operación; en la siguiente tabla se muestra el listado de dichas especies.

Tabla 22. Especies introducidas en el SAR

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA
Araliaceae	*Hydrocotyle ranunculoides*	Malacote	Herbácea
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	Botón amarillo	Herbácea
Asteraceae	*Senecio inaequidens*	Manzanilla de llano	Herbácea
Asteraceae	*Sonchus oleraceus*	Lechuguilla común	Herbácea
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león	Herbácea
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Rabanillo	Herbácea
Euphorbiaceae	*Ricinus communis*	Higuerilla	Herbácea
Fabaceae	*Trifolium repens*	Trébol blanco	Herbácea
Musaceae	*Ensete ventricosum*	Falso plátano	Arbóreo
Poaceae	*Cortaderia selloana*	Pasto pampa	Herbácea
Poaceae	*Melinis repens*	Pasto africano rosado	Herbácea
Polygonaceae	*Persicaria capitata*	Nudosilla africana	Herbácea
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	Sangrina del Himalaya	Herbácea
Polygonaceae	*Rumex obtusifolius*	Lengua de vaca	Herbácea

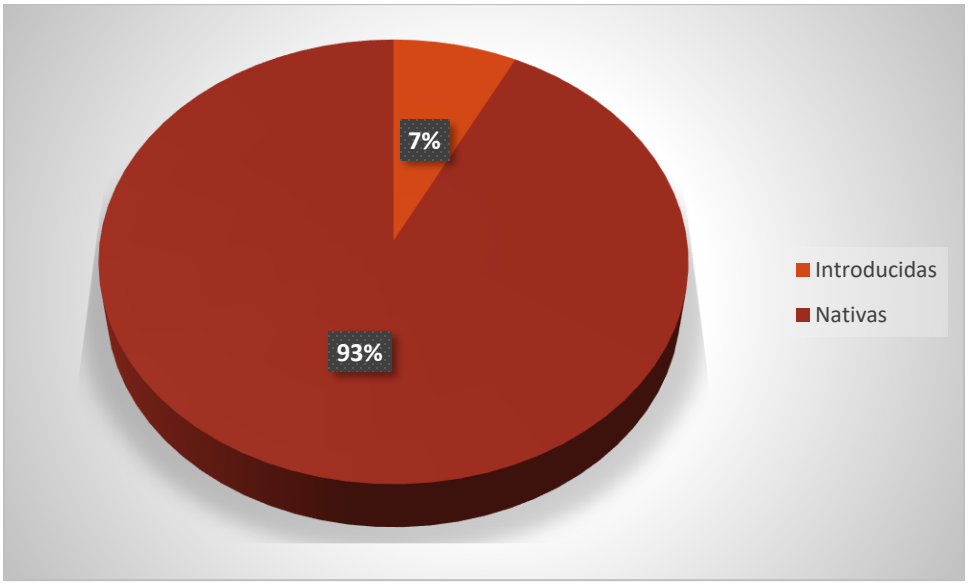


Figura 42. Porcentaje de especies nativas e introducidas en el SAR

Finalmente, de las 188 especies registradas, únicamente 2 se encuentran bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, éstas son *Hesperocyparis lusitanica* y *Comarostaphylis discolor (*Tabla 23*).*

Tabla 23. Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTRATO	NOM-059-SEMARNAT-2010
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Cedro blanco	Arbóreo	Pr
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Arrayán	Arbóreo	Pr

H. lusitanica es un árbol originario de Mesoamérica; se le encuentra desde México hasta Guatemala, Honduras y El Salvador. Esta especie es nativa del Valle de México, y ampliamente cultivada en la zona templada para reforestaciones y como ornamental. En el SAR esta especie es comúnmente usada como delimitante de predios o cercos vivos, así como en bosques reforestados en los que a través de los años se han intercalado individuos de esta especie en comunidades que se encontraban muy perturbadas. Sin embargo, su introducción ha causado impactos negativos, principalmente por el desplazamiento de especies nativas.

C. discolor es un arbusto o árbol de 0.35 a 10 m de alto, perennifolio, con corteza exfoliante en laminillas o en placas irregulares. Es un elemento de regiones montañosas que se desarrolla tanto en bosques húmedos en buena condición como en claros y zonas perturbadas (González y González, 2014).



H. lusitanica



C. discolor

Figura 43. Vista de las especies que se encuentran bajo estatus en la NOM-059

IV.2.2.2.1.4 Descripción de la vegetación en el Área de Influencia

De acuerdo a la cartografía elaborada para el presente proyecto, basada en la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI (Serie VII), en el área de influencia delimitada se distribuyen 3 tipos de uso de suelo y 7 tipos de vegetación, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 24. Usos de suelo y vegetación en el AI

CLAVE	USV	SUPERFICIE (HA)	%
TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	507.46	21.61
TAP	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL Y PERMANENTE	16.01	0.68
AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	66.83	2.85
BQP	BOSQUE DE ENCINO-PINO	88.32	3.76
BA	BOSQUE DE OYAMEL	23.77	1.01
BP	BOSQUE DE PINO	105.27	4.48
BPQ	BOSQUE DE PINO-ENCINO	679.57	28.94
BM	BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA	190.62	8.12
VSA/BPQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO	100.24	4.27
VSa/BPQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE BOSQUE DE PINO-ENCINO	570.42	24.29
TOTAL		**2348.51**	**100.00**

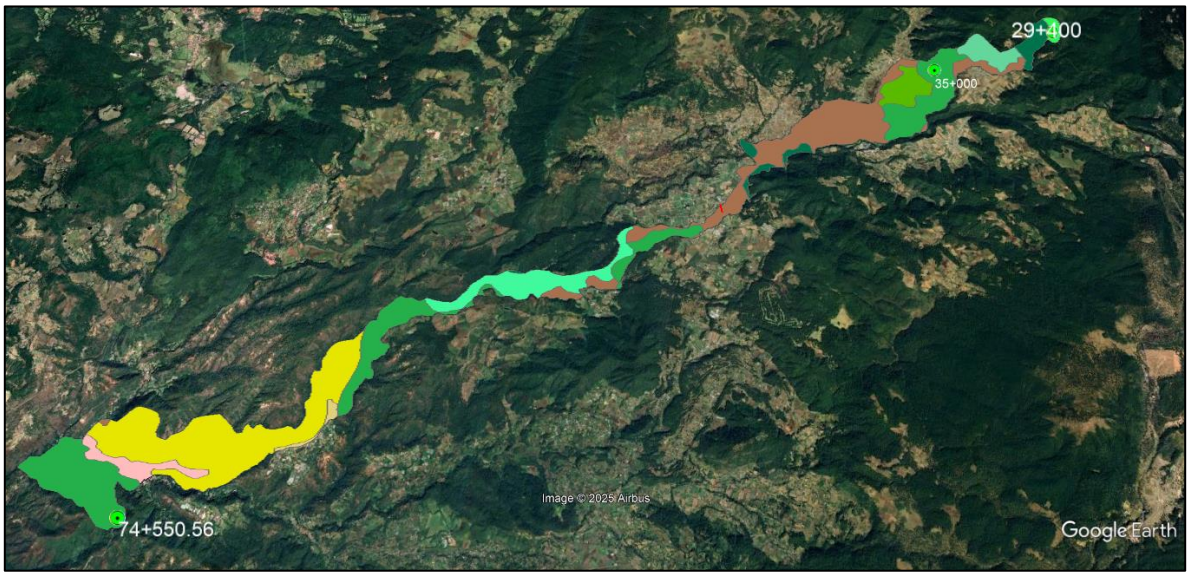


Figura 44. Distribución de los usos de suelo y vegetación en el AI

De acuerdo a ello, el uso de suelo/vegetación que mayor superficie ocupa corresponde al bosque de pino-encino, que se desarrolla en 679.57 hectáreas, seguido de la vegetación secundaria arbustiva del bosque de pino-encino con 570.42 hectáreas, y la agricultura de temporal que ocurre en 507.46 hectáreas del área de influencia.

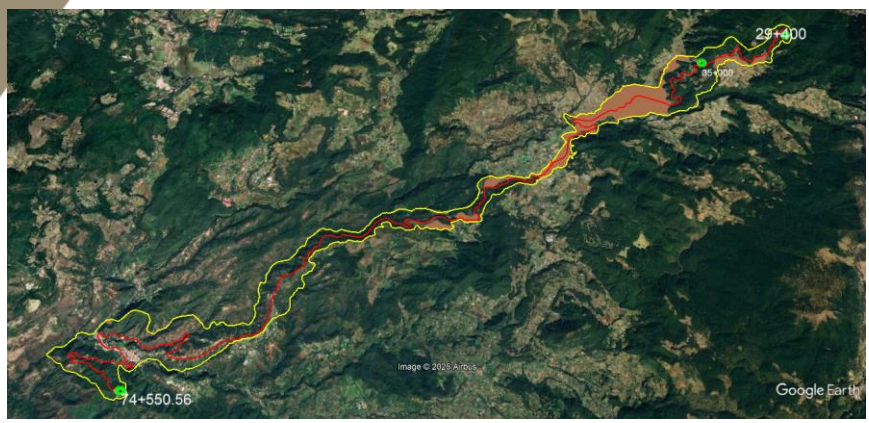




Figura 45. Distribución y vista de las áreas de agricultura temporal en el AI

En los últimos años, el área en donde se ubica el proyecto ha sufrido un proceso de cambio de uso de suelo debido a la expansión de las zonas urbanas y la degradación de las superficies forestales debido a actividades agropecuarias, deforestación, incendios forestales, tala ilegal, creación de asentamientos humanos regulares e irregulares, entre otros.

Así, actualmente y debido al desmonte que se ha practicado en grandes superficies, el área de estudio cuenta con zonas en las cuales la vegetación se ha modificado en estructura y composición, mientras que algunas comunidades solo subsisten en forma de reductos.

En dicho sentido, de acuerdo a los muestreos efectuados durante la salida de campo, se determinaron las características de la vegetación forestal en el área de influencia, detallando su distribución en base a su fisonomía y composición, tal como se describe a continuación:

- Bosque mesófilo de montaña.

En el área de influencia delimitada para el proyecto, este tipo de vegetación es prácticamente inexistente. Grandes superficies que anteriormente eran ocupadas por este tipo de vegetación, han sido desmontadas para el establecimiento de asentamientos humanos, y para dar paso a áreas dedicadas al cultivo de aguacate. En el SAR del proyecto se presentan relictos en cañadas en las partes elevadas, sin embargo, en el área de influencia, las actividades antropogénicas han propiciado su eliminación.

En las superficies que eran ocupadas por dicha comunidad, se ha perdido gran parte de la diversidad que caracteriza a los bosque mesófilos, y actualmente las especies que constituyen la vegetación forestal son *Pinus montezumae*, que funge como la especie dominante, además de *Quercus rugosa* y *Quercus calophylla*, cuya presencia determina la fisonomía de la comunidad vegetal, la cual se define para el presente estudio como bosque de pino-encino en estado secundario, siendo que en algunos tramos la vegetación se distribuye únicamente como franjas que acompañan las corrientes de agua (Río Verde) y que colindan con áreas agrícolas, mientras que en otros sitios se desarrollan en zonas con mayor pendiente, pero aun así, supeditadas a los impactos ambientales de las localidades aledañas. Como arboles acompañantes se encuentran *Clethra mexicana* y *Alnus jorullensis*; la primera como especie remanente del bosque mesófilo, siendo que dicha especie corresponde a árboles o arbustos propios en su mayoría de dicho tipo de vegetación, que sin embargo, es tambien muy característica de los bosques mixtos de pino y encino, e incluso con frecuencia ocupa claros de los bosques y ambientes alterados

(González, 1996). Por su parte, *A. jorullensis* frecuentemente se le encuentra formando parte de diversos tipos de vegetación como es el caso de los bosques de encino, pinares, bosque mesófilo de montaña y bosques de galería.

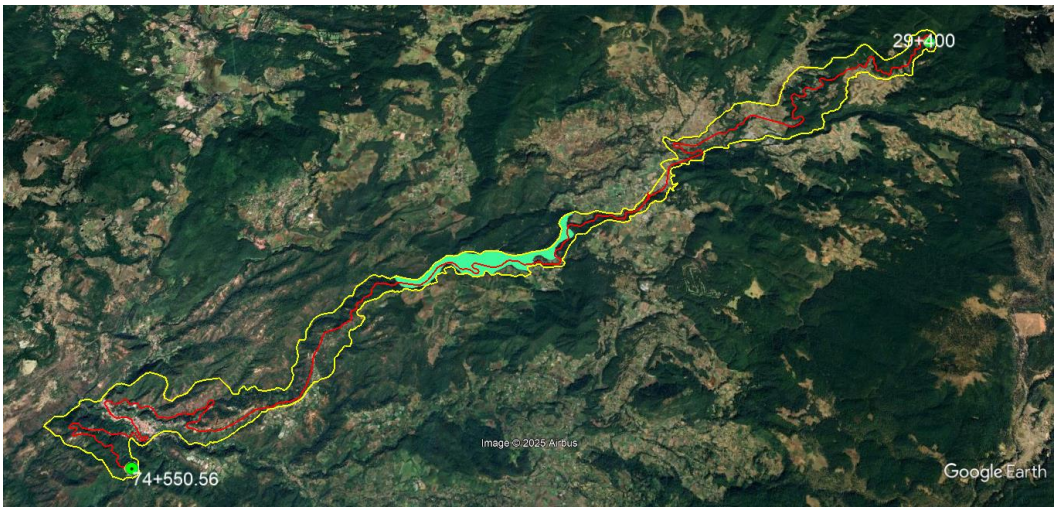


Figura 46. Distribución del bosque mesófilo en el AI de acuerdo a INEGI (Serie VII)



Figura 47. Zonas que actualmente albergan cultivos de aguacate en el AI y que correspondían a bosque mesófilo de acuerdo a INEGI (Serie VII).

- Bosque de Oyamel.

Como se mencionó con anterioridad, esta comunidad vegetal presenta un estrato arbóreo conformado por *Abies religiosa* como especie dominante, y en la mayoría de las zonas en la porción norte del SAR en donde se distribuye, es la especie única, sin embargo, la variante se da conforme se va descendiendo altitudinalmente, siendo que a partir de los 2,870 m y hacia abajo se presentan de manera notoria elementos acompañantes del estrato arbóreo, como *Pinus leiophylla, Pinus pseudostrobus, Quercus laurina, Q. candicans, Q. magnolifolia, Alnus acuminata*, etc.

En dicho contexto, en el área de influencia, esta comunidad se desarrolla en las zonas más irregulares del terreno, mientras que, en las colindancias inmediatas de la carretera en operación, son más abundantes las especies del género Pinus. Incluso entre los cadenamientos 29+311 al 30+000 el bosque de oyamel se ubica en las zonas más altas, y por el contrario, *Pinus montezumae* es la dominante fisonómica formando manchones densos que acompañan al

proyecto en cuestión en una longitud considerable, acompañada de *Alnus jorullensis*; la presencia de este último elemento arbóreo es más notoria en las zonas más perturbadas.

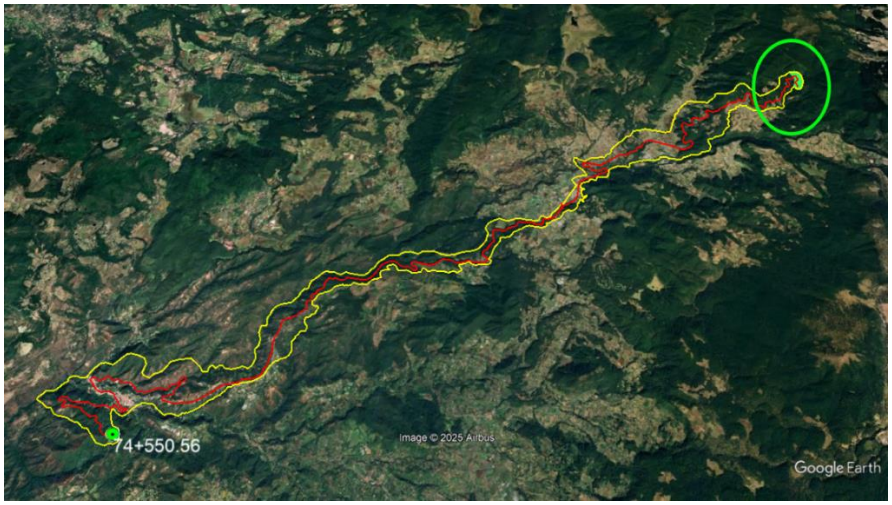


Figura 48. Distribución del Bosque de Abies de acuerdo a la carta de USV de INEGI (Serie VII)

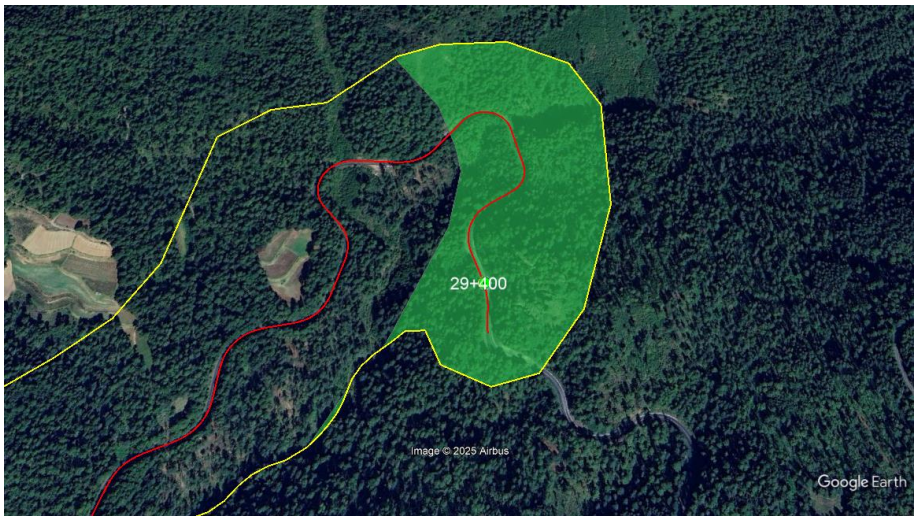


Figura 49. Dominancia de *Pinus montezumae* en el borde la de infraestructura carretera

- Bosque de Pino

De acuerdo a INEGI, esta comunidad vegetal abarca una superficie de 105.27 ha en el AI. Este bosque es muy contrastante ya que presenta diversos estados de conservación, con zonas conservadas y otras muy perturbadas. En esta unidad la perturbación se debe principalmente a la actividad agrícola de temporal que se realiza en las laderas y cimas de las colinas continuas presentes; tambien se observa que la leña sigue constituyendo un recurso muy importante, por lo cual hay una tala continua.

Aun así, este tipo de vegetación se extiende en las colindancias de la carretera en operación, desde el inicio del proyecto hasta aproximadamente el cadenamiento 45+700, fragmentado por asentamientos humanos y áreas agrícolas.

Entre las principales especies arbóreas que constituyen esta comunidad se encuentran *Pinus montezumae, Pinus oocarpa* acompañados por *Arbutus xalapensis*, *Ceanothus caeruleus, Alnus jorullensis* y *Hesperocyparis lusitanica;* la presencia de esta última como resultado de acciones de reforestación. El estrato arbustivo está conformado por *Ageratina grandifolia, Baccharis conferta, Stevia ovata, Symphoricarpos microphyllus, Rubus liebmannii, Prunus capulí, Cestrum anagyris, Salix paradoxa, Comarostaphylis discolor, Acaciella angustissima y Calliandra houstoniana.*

Por su parte, en el estrato herbáceo predominan las especies *Eryngium alternatum, Sida abutilifolia, Oxalis tetraphylla, Persicaria nepalensis, Bidens ostruthioides, Monnina ciliolata, Solanum appendiculatum, Tagetes foetidissima, Lopezia racemosa, Galinsoga parviflora* y Jaegeria hirta, entre otras.

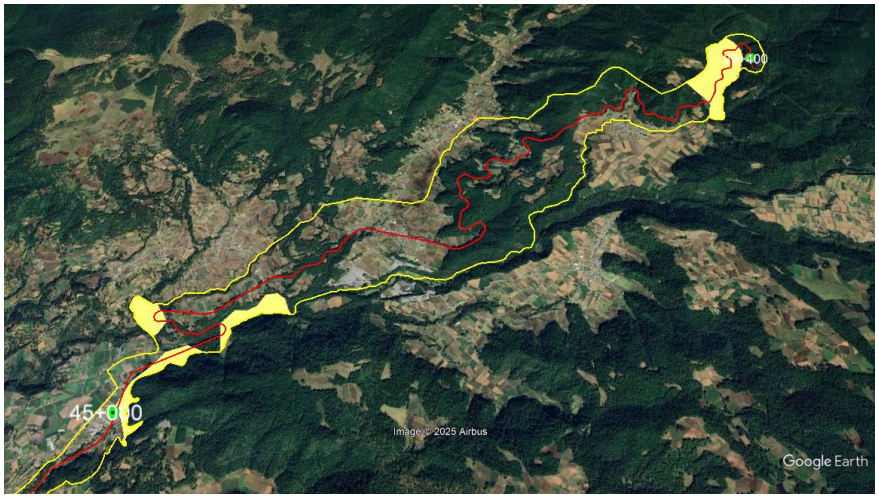


Figura 50. Distribución del bosque de pino (INEGI)



Figura 51. Fragmentos de bosque de pino en el AI

- Bosque de Pino-Encino

Esta comunidad vegetal, en sus diversos estados sucesionales y con sus variaciones referentes a la dominancia en las formas de vida, es el tipo de vegetación más extendido en el área de influencia. La vegetación secundaria arbórea derivada de esta comunidad abarca 100.24 ha del AI, mientras que la arbustiva ocurre en 570.42 ha, además del bosque de pino-encino que se desarrolla en 679.57 de la poligonal.

A pesar de que INEGI reconoce a esta comunidad al inicio del trazo proyectado, cabe destacar que derivado de los muestreos de campo se identificó que el desarrollo de esta comunidad predomina entre los cadenamientos 45+700 al final del proyecto, donde las especies representativas del estrato arbóreo son *Pinus montezumae, Pinus oocarpa, Quercus magnoliifolia, Quercus rugosa, Quercus calophylla y Quercus laurina;* mientras que en el estrato arbustivo se encuentran *Baccharis conferta, Berberis moranensis, Ageratina grandifolia, Cestrum thyrsoideum, Fuchsia obconica, Telanthophora andrieuxii, Symplocos citrea, Ceanothus caeruleus, Calliandra houstoniana, Mimosa galeottii, Buddleja parviflora, Salix bonplandiana, Vachellia pennatula* y *Vachellia farnesiana.*

En el estrato herbáceo las especies presentes son *Bidens ostruthioides, Persicaria nepalensis, Maianthemum scilloideum, Tradescantia commelinoides, Echeandia flavescens, Begonia gracilis, Solanum appendiculatum, Adiantum andicola, Cologania broussonetii, Oxalis tetraphylla, Ipomoea purpurea, Psacalium peltatum, Eryngium alternatum, Begonia balmisiana, Bletia gracilis y Adiantum patens.*

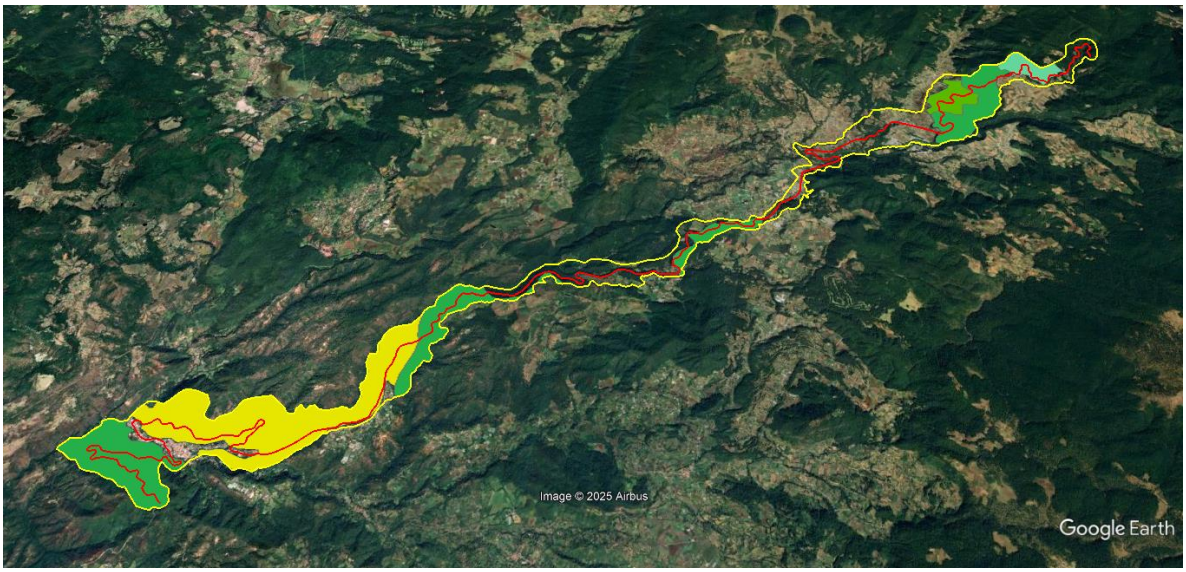


Figura 52. Distribución del bosque de pino-encino en el AI (BPQ, VSaBPQ y VSABPQ).





Figura 53. Bosque de pino-encino en el AI

Además de los tipos de vegetación antes descritos, en el área de influencia se registraron otros usos de suelo, entre los que se encuentran las áreas agrícolas, asentamientos humanos y terrenos baldíos.

Las áreas agrícolas corresponden principalmente a cultivos de temporal anual, en donde el maíz es el principal cultivo observado, además de áreas destinadas a la agricultura permanente, en donde se practica el cultivo de aguacate.





Figura 54. Áreas de cultivo en el AI

Con respecto a los asentamientos humanos, se trata de la cabecera municipal (Temascaltepec de González), además de otras localidades menores, entre las que se encuentran San Francisco Oxtotilpan, La Comunidad, Rancho Cieneguillas y San Sebastián Carboneras.



Figura 55. Asentamientos humanos en el AI

Finalmente, son comunes en diversas superficies del área de influencia, terrenos que anteriormente correspondían a campos de cultivo o pastizales para el pastoreo de ganado, y que actualmente se encuentran abandonados, lo que ha promovido la colonización de especies ruderales.

Las plantas ruderales son las que aparecen en hábitats muy alterados por la acción humana, como bordes de caminos, campos de cultivos o zonas urbanas. Esta sencilla descripción pone de manifiesto la íntima relación existente entre la flora ruderal y la actividad humana. Alteraciones del medio como la construcción de infraestructuras o la roturación de los campos abren constantes oportunidades para la colonización por estas plantas, omnipresentes en el banco de semillas de los suelos antropizados. La especie humana las transporta e introduce accidental o intencionadamente allá donde pise. La mayoría de las plantas ruderales son hierbas anuales o bianuales de ciclo de vida corto, generalmente de amplia distribución geográfica, con tasas de crecimiento rápidas y con una alta producción de semillas.

Entre las especies ruderales registradas en el área de influencia se encuentran: *Bidens odorata, Cosmos bipinnatus, Erigeron karvinskianus, Galinsoga parviflora, Jaegeria hirta, Perymenium globosum, Sonchus oleraceus, Tagetes foetidissima, Tagetes lucida, Taraxacum officinale, Raphanus raphanistrum, Euphorbia heterophylla, Euphorbia hirta, Ricinus communis, Cortaderia selloana, Trisetum virletii, Trachypogon spicatus, Melinis repens,* entre otras.



Figura 56. Predios cubiertos por especie ruderales entre los asentamientos humanos

IV.2.2.2.1.5 Afectación a la vegetación en la linea de ceros del proyecto

La línea de ceros del proyecto corresponde a una superficie de **126.20 hectáreas** en las cuales se efectuará la afectación total por la construcción del proyecto. Es en esta superficie donde se llevará a cabo la totalidad de infraestructura que formará parte de la modernización del camino.

Dentro de esta área se realizó una delimitación por usos de suelo, para determinar las afectaciones correspondientes a los tipos de vegetación y usos que actualmente ostenta la superficie. Durante los recorridos de campo se determinó que la superficie de afectación se encuentra ocupada por 2 tipos de vegetación y 5 usos de suelo, mismos que se describieron en páginas anteriores.

De dichos usos de suelo y vegetación, el que mayor superficie ocupa corresponde a la vegetación de bosque de pino-encino, seguido de la superficie que ocupa la carretera actualmente en operación, y posteriormente se encuentra el bosque de pino, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Afectación en la LC del proyecto

CONDICIÓN	USO DE SUELO/ VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)
No Forestal	Agrícola	1.68
No Forestal	Baldío	2.94
No Forestal	Caminos	2.08
No Forestal	Carretera actual	31.72
No Forestal	Casas/Baldío	11.30
No Forestal	Cuerpo de agua	0.15
Forestal	Bosque de Pino	26.60
Forestal	Bosque de Pino-Encino	49.75
TOTAL		**126.20**

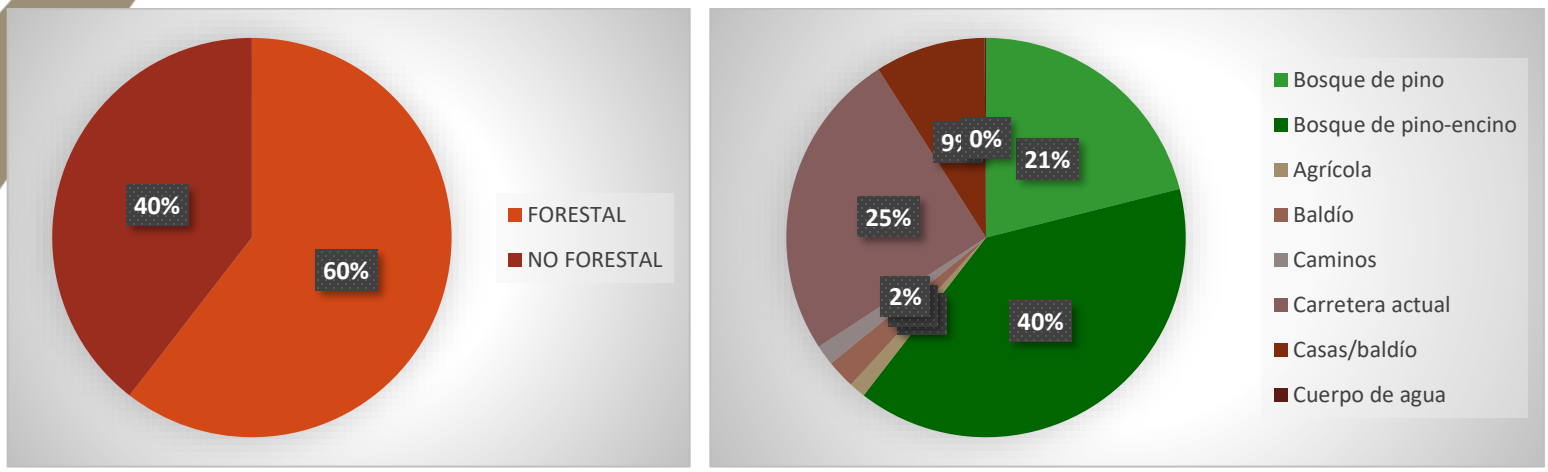


Figura 57. Porcentaje que ocupan los usos de suelo y vegetación en la LC

El proyecto recaerá en superficies no forestales en el 40% de la LC, que corresponden a una superficie de 49.85 hectáreas, mientras que la **vegetación forestal** ocurre en el 60%, correspondientes a **76.34 hectáreas**.

Para mejor apreciación de la afectación en la línea de ceros, se muestra un acercamiento por kilómetro, donde se observan los polígonos forestales que serán sujetos a cambio de uso de suelo. Dichos mapas se incluyen en la cartografía del proyecto, asimismo, los polígonos forestales pueden ser consultados de manera digital en el archivo *.kmz* contenido en el capítulo VIII de la presente MIA-R.

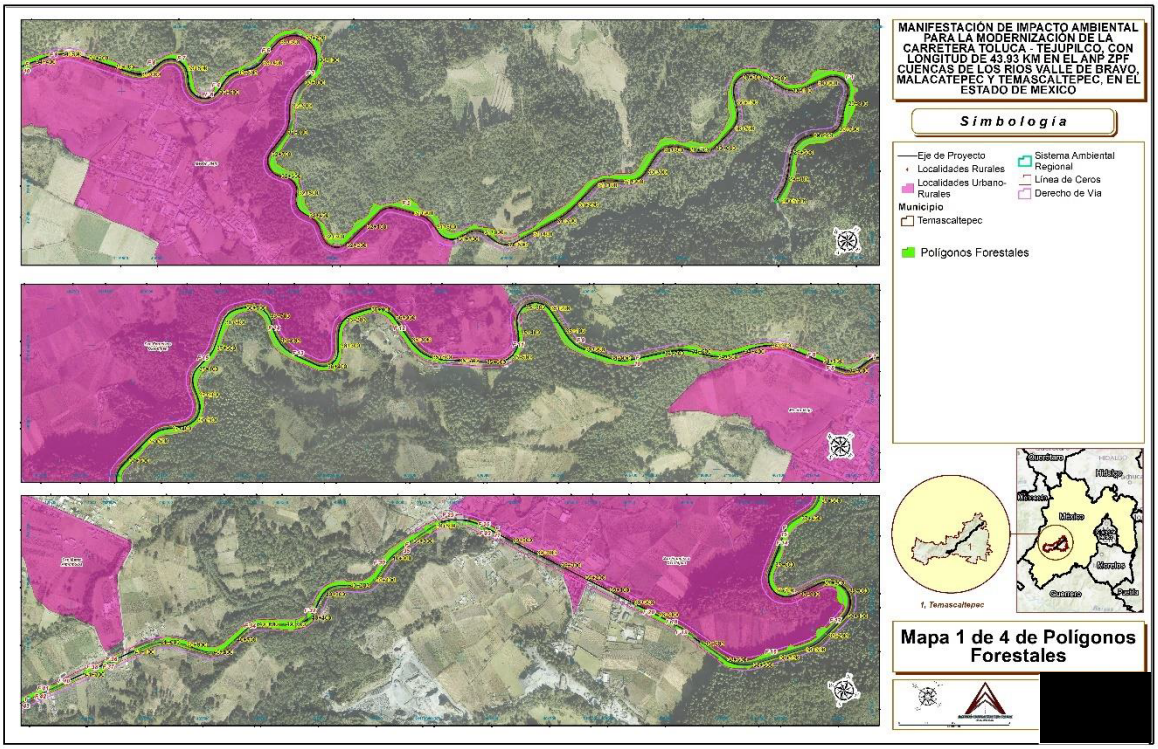


Figura 58. Polígonos forestales (29+311.6 al 41+100)

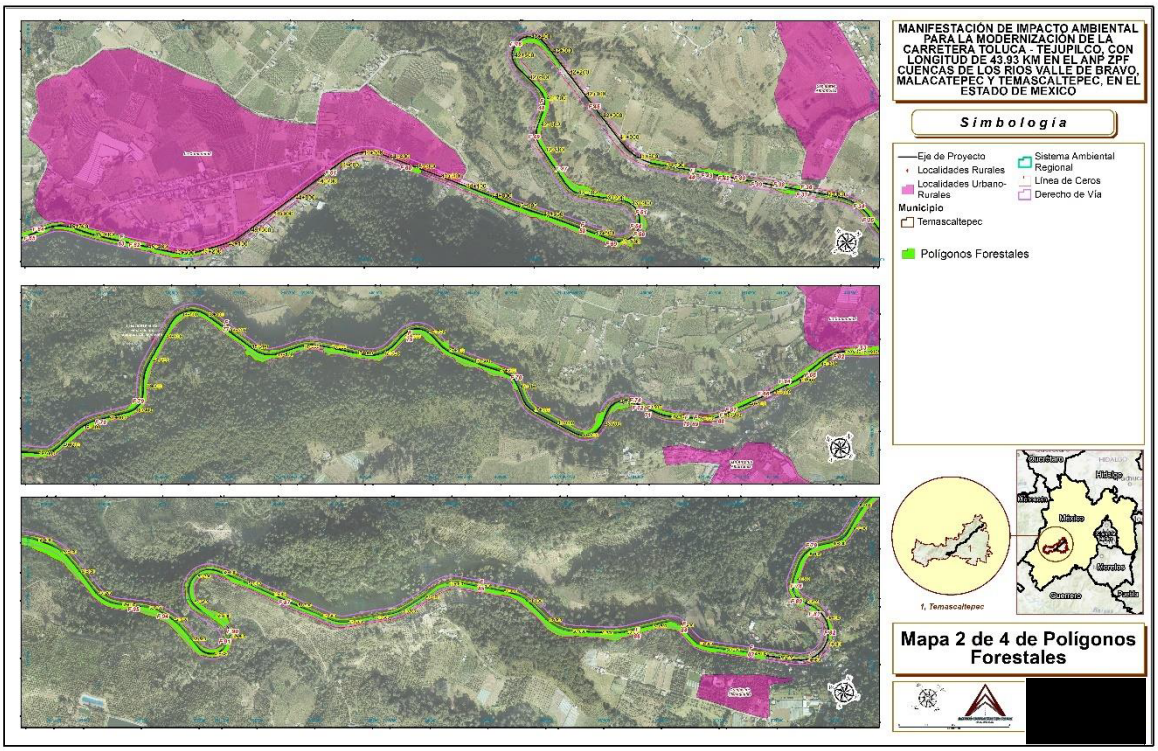


Figura 59. Polígonos forestales (41+100 al 53+500)

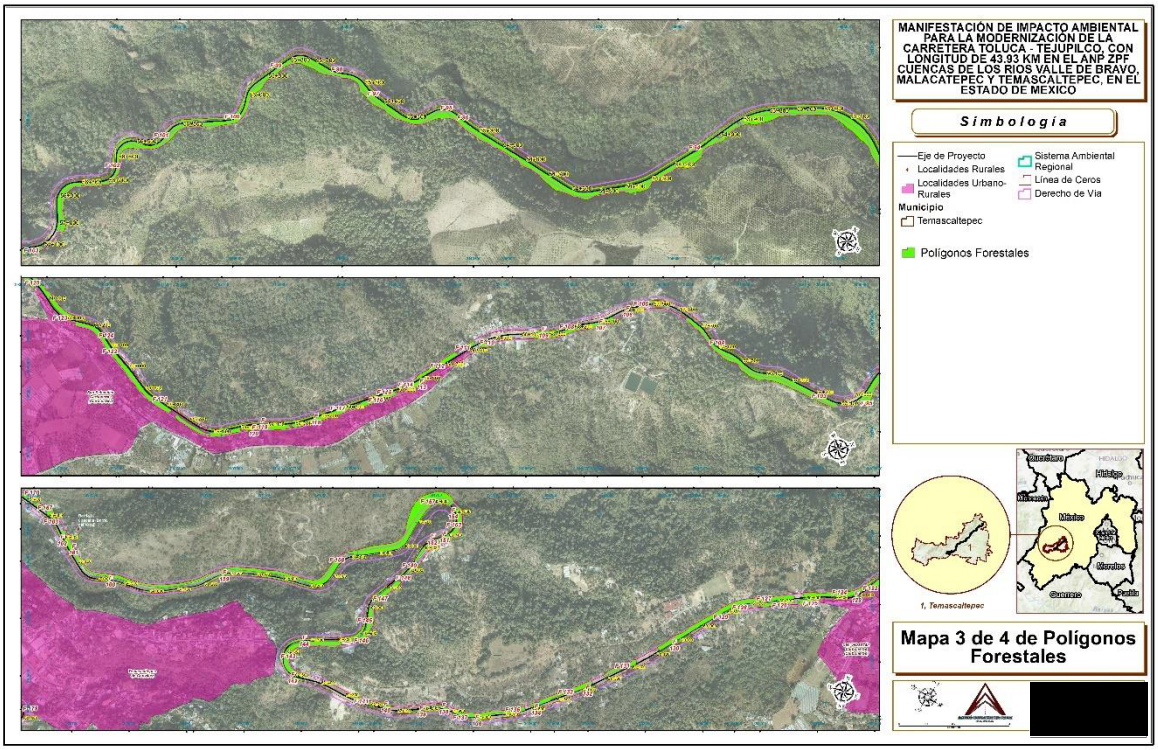


Figura 60. Polígonos forestales (53+500 al 65+400)

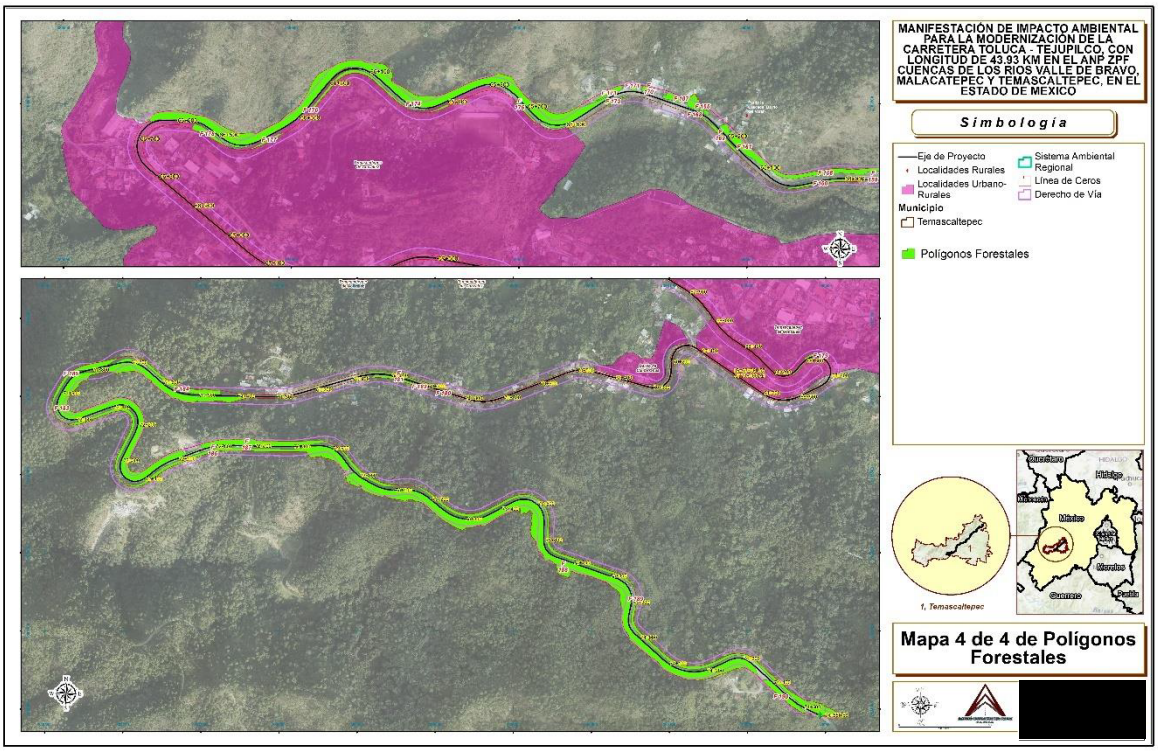


Figura 61. (65+400 al 74+550.56)

En la siguiente tabla (Tabla 26) se resume la ubicación y superficie de los polígonos forestales que implican la remoción de vegetación de bosque de pino, y vegetación de bosque de pino-encino.

Tabla 26. Superficies sujetas a cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Vegetación	Superficie (Ha)	Cadenamientos	Num_Pol
Bosque de Pino	4.076024692	29+311.6 al km 21+442	F 1
Bosque de Pino	2.819275576	31+500 al km 33+120	F 2
Bosque de Pino	0.047832919	32+980 al km 33+100	F 3
Bosque de Pino	0.775402536	31+120 al km 33+605	F 4
Bosque de Pino	0.386397266	33+290 al km 34+065	F 5
Bosque de Pino	0.008980623	33+625 al km 33+640	F 6
Bosque de Pino	0.311315461	33+690 al km 33+893	F 7
Bosque de Pino	0.374008564	33+900 al km 34+200	F 8
Bosque de Pino	0.814910212	33+290 al km 35+410	F 9
Bosque de Pino	1.584993391	34+400 al km 35+325	F 10
Bosque de Pino	0.252880081	35+356 al km 35+510	F 11
Bosque de Pino	0.166684559	35+740 al km 36+165	F 12
Bosque de Pino	0.166830635	36+217 al km 36+680	F 13
Bosque de Pino	3.792363639	35+740 al km 37+795	F 14
Bosque de Pino	0.374469661	36+755 al km 37+648	F 15
Bosque de Pino	0.877863841	37+861 al km 38+708	F 16
Bosque de Pino	0.555331105	37+861 al km 38+708	F 17

Vegetación	Superficie (Ha)	Cadenamientos	Num_Pol
Bosque de Pino	0.101142026	37+30 al km 38+840	F 18
Bosque de Pino	0.07269437	37+738 al km 38+815	F 19
Bosque de Pino	0.148802782	38+822 al km 38+975	F 20
Bosque de Pino	0.050141912	39+540 al km 39+608	F 21
Bosque de Pino	0.039890744	39+570 al km 39+597	F 22
Bosque de Pino	0.012583114	39+597 al km 39+608	F 23
Bosque de Pino	0.003888456	39+594 al 39+605	F 24
Bosque de Pino	0.003731012	39+610 al km 39+615	F 25
Bosque de Pino	0.010929149	36+610 al km 39+615	F 26
Bosque de Pino	0.054733805	39+615 al km 39+670	F 27
Bosque de Pino	0.036120127	39+615 al km 39+664	F 28
Bosque de Pino	0.020534897	39+712 al km 39+745	F 29
Bosque de Pino	0.965302318	39+770 al km 40+350	F 30
Bosque de Pino	0.024333379	40+336 al km 40+367	F 31
Bosque de Pino	0.007088964	40+370 al km 40+375	F 32
Bosque de Pino	0.032432777	40+381 al km 40+406	F 33
Bosque de Pino	0.927492693	40+400 al km 41+095	F 34
Bosque de Pino	0.866781367	39+678 al km 41+123	F 35
Bosque de Pino	0.098254587	41+136 al km 41+2178	F 36
Bosque de Pino	0.130312971	41+145 al km 41+295	F 37
Bosque de Pino	0.095726284	41+230 al km 41+230	F 38
Bosque de Pino	0.055122967	41+320 al km 41+434	F 39
Bosque de Pino	0.059423917	41+365 al km 41+434	F 40
Bosque de Pino	0.373316483	41+445 al km 41+745	F 41
Bosque de Pino	0.013292449	41+450 al km 41+480	F 42
Bosque de Pino	0.006084712	41+425 al km 41+540	F 43
Bosque de Pino	0.07945157	41+566 al km 41+750	F 44
Bosque de Pino	0.046558535	41+988 al km 42+100	F 45
Bosque de Pino	0.152234731	42+228 al km 42+550	F 46
Bosque de Pino	1.726324282	42+228 al km 43+322	F 47
Bosque de Pino	0.062749949	42+645 al km 42+800	F 48
Bosque de Pino	0.002863949	42+838 al km 42+850	F 49
Bosque de Pino	0.187598626	42+935 al km 43+396	F 50
Bosque de Pino	0.001999498	43+350 al km 43+458	F 51
Bosque de Pino	0.108715001	43+360 al km 43+398	F 52
Bosque de Pino	0.029556449	43+398 al km 43+406	F 53
Bosque de Pino	0.004844685	43+936 al km 43+406	F 54
Bosque de Pino	0.004976705	43+420 al km 43+432	F 55
Bosque de Pino	0.02919028	43+420 al km 43+432	F 56
Bosque de Pino	0.039439681	43+432 al km 43+440	F 57
Bosque de Pino	0.275948854	43+432 al km 44+050	F 58
Bosque de Pino	1.090198552	43+455 al km 44+131	F 59
Bosque de Pino	0.113218889	44+265 al km 44+323	F 60
Bosque de Pino	0.05527981	44+613 al km 44+660	F 61
Bosque de Pino	0.64514826	45+135 al km 45+750	F 62
Bosque de Pino	0.349673061	45+400 al km 45+698	F 63

Vegetación	Superficie (Ha)	Cadenamientos	Num_Pol
Bosque de Pino-Encino	0.300849878	45+705 al km 45+995	F 64
Bosque de Pino-Encino	0.200582141	45+755 al km 45+948	F 65
Bosque de Pino-Encino	0.014180723	46+020 al km 46+640	F 66
Bosque de Pino-Encino	0.369795072	46+078 al km 46+520	F 67
Bosque de Pino-Encino	0.093116447	46+078 al km 46+220	F 68
Bosque de Pino-Encino	0.044048948	46+260 al km 46+500	F 69
Bosque de Pino-Encino	0.085284251	46+320 al km 46+515	F 70
Bosque de Pino-Encino	0.014327355	46+260 al km 46+500	F 71
Bosque de Pino-Encino	0.004404425	46+515 al km 46+522	F 72
Bosque de Pino-Encino	0.004848472	46+520 al km 46+530	F 73
Bosque de Pino-Encino	0.00472763	46+530 al km 46+542	F 74
Bosque de Pino-Encino	1.924164203	46+515 al km 47+915	F 75
Bosque de Pino-Encino	1.088026008	46+542 al km 47+938	F 76
Bosque de Pino-Encino	0.379862172	47+948 al km 48+610	F 77
Bosque de Pino-Encino	2.798863147	47+968 al km 49+080	F 78
Bosque de Pino-Encino	0.556146558	46+050 al km 49+570	F 79
Bosque de Pino-Encino	0.084203183	49+5750 al km 49+615	F 80
Bosque de Pino-Encino	0.053048817	49+638 al km 49+665	F 81
Bosque de Pino-Encino	0.097891098	49+710 al km 49+785	F 82
Bosque de Pino-Encino	0.22361495	49+890 al km 50+290	F 83
Bosque de Pino-Encino	0.004906679	50+375 al km 50+390	F 84
Bosque de Pino-Encino	0.506052541	50+430 al km 51+320	F 85
Bosque de Pino-Encino	3.643097289	50+050 al km 52+560	F 86
Bosque de Pino-Encino	0.711761882	51+345 al km 52+478	F 87
Bosque de Pino-Encino	0.007976503	52+595 al km 52+615	F 88
Bosque de Pino-Encino	0.045044369	52+572 al km 52+590	F 89
Bosque de Pino-Encino	0.018932745	52+590 al km 52+596	F 90
Bosque de Pino-Encino	0.002940608	52+608 al km 52+630	F 91
Bosque de Pino-Encino	0.020915167	52+605 al km 52+620	F 92
Bosque de Pino-Encino	0.00908335	52+620 al km 54+790	F 93
Bosque de Pino-Encino	1.29556277	52+620 al km 54+790	F 94
Bosque de Pino-Encino	9.965722202	52+620 al km 57+030	F 95
Bosque de Pino-Encino	0.167004839	54+848 al km 55+120	F 96
Bosque de Pino-Encino	0.154810315	55+190 al km 55+520	F 97
Bosque de Pino-Encino	0.069362526	55+580 al km 55+708	F 98
Bosque de Pino-Encino	0.072728988	55+770 al km 55+940	F 99
Bosque de Pino-Encino	0.183476198	55+985 al km 56+340	F 100
Bosque de Pino-Encino	0.071956577	55+360 al km 56+508	F 101
Bosque de Pino-Encino	0.077727926	56+580 al km 56+740	F 102
Bosque de Pino-Encino	1.549543037	57+100 al km 57+750	F 103
Bosque de Pino-Encino	0.058499072	57+495 al km 57+630	F 104
Bosque de Pino-Encino	0.072014568	57+870 al km 57+005	F 105
Bosque de Pino-Encino	0.055919058	57+950 al km 58+000	F 106
Bosque de Pino-Encino	0.438202609	57+050 al km 58+340	F 107
Bosque de Pino-Encino	0.024524134	57+190 al km 58+230	F 108
Bosque de Pino-Encino	0.064440493	58+230 al km 58+338	F 109

Vegetación	Superficie (Ha)	Cadenamientos	Num_Pol
Bosque de Pino-Encino	0.094455448	58+500 al km 58+560	F 110
Bosque de Pino-Encino	0.058210855	58+570 al km 58+620	F 111
Bosque de Pino-Encino	0.220917288	58+641 al km 58+818	F 112
Bosque de Pino-Encino	0.100458844	58+790 al km 58+850	F 113
Bosque de Pino-Encino	0.006979326	58+860 al km 58+873	F 114
Bosque de Pino-Encino	0.059315138	58+890 al km 58+007	F 115
Bosque de Pino-Encino	0.272309806	58+900 al km 59+990	F 116
Bosque de Pino-Encino	0.062311736	58+023 al km 59+154	F 117
Bosque de Pino-Encino	0.334706496	59+050 al km 59+310	F 118
Bosque de Pino-Encino	0.235168668	59+180 al km 59+640	F 119
Bosque de Pino-Encino	0.601350128	59+310 al km 59+762	F 120
Bosque de Pino-Encino	0.086721348	59+750 al km 59+920	F 121
Bosque de Pino-Encino	0.842343466	59+763 al km 60+270	F 122
Bosque de Pino-Encino	0.041185192	60+300 al km 60+325	F 123
Bosque de Pino-Encino	0.440165483	60+070 al km 60+500	F 124
Bosque de Pino-Encino	0.106167721	60+450 al km 60+530	F 125
Bosque de Pino-Encino	0.129878453	60+540 al km 60+660	F 126
Bosque de Pino-Encino	0.86801817	60+537 al km 61+080	F 127
Bosque de Pino-Encino	0.048622688	60+740 al km 60+790	F 128
Bosque de Pino-Encino	0.014444978	60+802 al km 60+822	F 129
Bosque de Pino-Encino	0.057769873	60+950 al km 60+080	F 130
Bosque de Pino-Encino	0.167112334	61+170 al km 61+300	F 131
Bosque de Pino-Encino	0.025396862	62+343 al km 61+393	F 132
Bosque de Pino-Encino	0.315235974	61+345 al km 61+600	F 133
Bosque de Pino-Encino	0.01811637	61+543 al km 61+583	F 134
Bosque de Pino-Encino	0.363567594	61+618 al km 61+890	F 135
Bosque de Pino-Encino	0.017404082	61+770 al km 61+800	F 136
Bosque de Pino-Encino	0.017707676	61+830 al km 61+880	F 137
Bosque de Pino-Encino	0.029701356	61+903 al km 61+940	F 138
Bosque de Pino-Encino	0.073985406	61+895 al km 62+050	F 139
Bosque de Pino-Encino	0.043444379	62+100 al km 62+170	F 140
Bosque de Pino-Encino	0.082119279	62+190 al km 62+260	F 141
Bosque de Pino-Encino	0.024379315	62+460 al km 62+500	F 142
Bosque de Pino-Encino	0.549717047	62+476 al km 62+820	F 143
Bosque de Pino-Encino	0.088261252	62+580 al km 62+744	F 144
Bosque de Pino-Encino	0.139503531	62+838 al km 63+105	F 145
Bosque de Pino-Encino	0.257677893	62+860 al km63+00	F 146
Bosque de Pino-Encino	0.182189049	63+037 al km 63+150	F 147
Bosque de Pino-Encino	0.019530018	63+162 al km 63+180	F 148
Bosque de Pino-Encino	0.025206577	63+160 al km 63+230	F 149
Bosque de Pino-Encino	0.079322789	63+190 al km 63+240	F 150
Bosque de Pino-Encino	0.418475377	63+243 al km 63+505	F 151
Bosque de Pino-Encino	0.007463071	63+300 al km 63+378	F 152
Bosque de Pino-Encino	0.037912215	63+381 al km 63+498	F 153
Bosque de Pino-Encino	0.002002634	63+498 al km 63+510	F 154
Bosque de Pino-Encino	0.022887371	63+505 al km 63+515	F 155

Vegetación	Superficie (Ha)	Cadenamientos	Num_Pol
Bosque de Pino-Encino	0.023956815	63+528 al km 63+538	F 156
Bosque de Pino-Encino	1.48969521	63+538 al km 64+020	F 157
Bosque de Pino-Encino	1.061229161	64+020 al km 65+090	F 158
Bosque de Pino-Encino	0.33559648	64+170 al km 64+825	F 159
Bosque de Pino-Encino	0.068441512	64+880 al km 65+040	F 160
Bosque de Pino-Encino	0.21561832	64+080 al km 65+223	F 161
Bosque de Pino-Encino	0.050059097	65+160 al km 65+270	F 162
Bosque de Pino-Encino	0.001448556	65+270 al km 65+275	F 163
Bosque de Pino-Encino	0.013074386	65+260 al km 65+270	F 164
Bosque de Pino-Encino	0.007968772	65+270 al km 65+278	F 165
Bosque de Pino-Encino	0.011954538	65+280 al km 65+287	F 166
Bosque de Pino-Encino	0.121557189	65+287 al km 65+360	F 167
Bosque de Pino-Encino	0.001623867	65+280 al km 65+285	F 168
Bosque de Pino-Encino	0.004143498	65+285 al km 65+302	F 169
Bosque de Pino-Encino	0.019255571	65+398 al km 65+412	F 170
Bosque de Pino-Encino	0.015079466	65+425 al km 65+435	F 171
Bosque de Pino-Encino	0.01836451	65+440 al km 65+500	F 172
Bosque de Pino-Encino	0.065955278	65+450 al km 65+520	F 173
Bosque de Pino-Encino	2.382100463	65+490 al km 66+655	F 174
Bosque de Pino-Encino	0.026629435	65+650 al km 65+720	F 175
Bosque de Pino-Encino	0.159191065	65+900 al km 66+280	F 176
Bosque de Pino-Encino	0.031750556	66+340 al km 66+430	F 177
Bosque de Pino-Encino	0.073540683	66+460 al km 66+560	F 178
Bosque de Pino-Encino	0.043281265	68+250 al km 68+360	F 179
Bosque de Pino-Encino	0.015390205	70+817 al km 70+872	F 180
Bosque de Pino-Encino	0.055698876	70+900 al km 71+080	F 181
Bosque de Pino-Encino	0.070207407	70+910 al km 71+045	F 182
Bosque de Pino-Encino	2.052797688	71+284 al km 72+562	F 183
Bosque de Pino-Encino	0.191301811	71+440 al km 71+660	F 184
Bosque de Pino-Encino	0.187011671	71+720 al km 71+957	F 185
Bosque de Pino-Encino	0.850394728	71+965 al km 72+972	F 186
Bosque de Pino-Encino	0.536736612	72+565 al km 73+135	F 187
Bosque de Pino-Encino	3.05311591	72+990 al km 74+360	F 188
Bosque de Pino-Encino	0.158523783	74+380 al km 74+528	F 190
Bosque de Pino-Encino	1.010257417	73+140 al km 74+550.56	F 189

Las coordenadas de los polígonos forestales se presentan en los anexos digitales del Capítulo VIII de la MIA-R.

Derivado de la afectación de dichos polígonos forestales, se llevará a cabo la remoción de aproximadamente **14,390 individuos arbóreos y 23,515 arbustivos** pertenecientes al **bosque de pino**; mientras que, **27,761 individuos arbóreos** y **52,541 arbustivos** pertenecientes al bosque de pino-encino.

A continuación, se muestra el número de individuos por especie que serán removidos por la construcción del proyecto para los estratos que conforman las comunidades vegetales en la LC.

Tabla 27. Especies afectadas en el bosque de Pino

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	ABUNDANCIA EN CUSTF
ESTRATO ARBÓREO			
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	346
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	2101
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	213
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	106
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	1011
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	106
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	665
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	7421
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	2208
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	213
			14,390
ESTRATO ARBUSTIVO			
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	3431
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	-	106
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	3325
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	1543
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	346
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	1543
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	213
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	346
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	452
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*	-	106
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	1889
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	1330
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	1224
Pinaceae	*Prunus capuli*	-	771
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	213
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	106
Rosaceae	*Rubus liebmannii*	-	2341
Salicaceae	*Salix paradoxa*	-	346
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	2208
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	1676
			23,515

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	ABUNDANCIA EN CUSTF
ESTRATO HERBÁCEO			
Asteraceae	*Bidens odorata*	-	88658
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	399000
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	-	44342
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	88658
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	133000
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	44342
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	-	44342
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	487658
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	133000
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	221658
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	88658
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	-	44342
Malvaceae	*Sida abutifolia*	-	354658
Solanceae	*Solanum appendiculatum*	-	44342
Asteraceae	*Tagetes foetidissima*	-	221658
			2,438,316

Tabla 28. Especies a remover en el bosque de Pino-Encino

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	ABUNDANCIA EN CUSTF
ESTRATO ARBÓREO			
Pincaceae	*Abies religiosa*	-	149
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	1393
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	8259
Musaceae	*Ensete ventricosum*	-	149
Pincaceae	*Pinus montezumae*	-	7015
Pincaceae	*Pinus oocarpa*	-	4527
Myrtaceae	*Psidium guajava*	-	299
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	796
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	796
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	796
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	3582
			27,761
ESTRATO ARBUSTIVO			
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	12139
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	2040

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	ABUNDANCIA EN CUSTF
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	-	1891
Scrophulariaceae	*Buddleja parviflora*	-	299
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	647
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	299
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	1095
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	9652
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	149
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*	-	448
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	5274
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	-	796
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	149
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*	-	1891
Urticaceae	*Phenax hirtus*	-	149
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	796
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	2786
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	448
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	4030
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	6219
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	-	149
Symplocaceae	*Symplocos citrea*	-	448
Asteraceae	*Telanthophora andrieuxii*	-	299
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	-	149
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	299
			52,541
ESTRATO HERBACEO			
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	124375
Pteridaceae	*Adiantum patens*	-	62188
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	62188
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	124375
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	62188
Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	-	124375
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	-	62188
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	746250
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	124375
Fagaceae	*Cologania broussonetii*	-	62188
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	124375
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	62188
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	62188

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	ABUNDANCIA EN CUSTF
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	62188
Fabaceae	*Macroptilium gibbosifolium*	-	62188
Asparagaceae	*Maianthemum scilloideum*	-	62188
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	310938
Asteraceae	*Psacalium peltatum*	-	124375
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	62188
Solanaceae	*Solanum appendiculatum*	-	684063
Commelinacea	*Tradescantia commelinoides*	-	124375
			3,295,944

Como se describirá con mayor detalle en el siguiente apartado, la mayoría de las especies que serán afectadas se encuentran ampliamente distribuidas en el SAR en estudio, por lo que su remoción no comprometerá la estabilidad de las poblaciones de dichas especies, ni disminuirá la biodiversidad del sitio. Además, cabe reiterar que las especies anteriormente listadas serán consideradas para su rescate, propagación y posterior siembra en sitios destinados a ser reforestados, acción que forma parte importante de las medidas de compensación de la presente MIA-R, misma que busca compensar la afectación de los individuos con la reforestación de 381.74 hectáreas, tal como se describe en el capítulo VI de la presente MIA-R.

IV.2.2.2.1.6 Biodiversidad vegetal

La investigación de la diversidad biológica es de absoluta importancia para los campos emergentes de la biología de la conservación y el manejo de los recursos. El primer paso en el estudio de los recursos biológicos es la estimación de la biodiversidad (*e.g.*, la riqueza de especies) en un tiempo y una localidad determinados.

En general, los atributos de la biodiversidad descritos pueden evaluarse y monitorearse empleando herramientas y técnicas para cada nivel de organización. A una escala regional o de paisaje, los atributos de interés pueden incluir la identidad, distribución y proporciones de cada tipo de hábitat, y la distribución de las especies dentro y entre los tipos de hábitats. A un nivel de ecosistema, la identidad, la riqueza, la equitatividad, y la diversidad de especies, gremios y comunidades son importantes. A un nivel de especie, los atributos tales como la abundancia o la densidad de cada población son del mayor interés.

En general, un marco conceptual que pretenda evaluar y determinar los atributos de la biodiversidad y sus cambios, idealmente debería incluir niveles de organización múltiples y distintas escalas espaciales. Este enfoque podría detectar cambios amplios o finos de los componentes de la biodiversidad a través del tiempo.

El uso de índices de diversidad que ponderan la riqueza y la abundancia de especies proporcionan una validez científica para decidir criterios de conservación, ya que éstas son con frecuencia utilizadas como indicadores ambientales por ser interpretadas como un índice de salud del ecosistema (Magurran 1988). Estos índices se han aplicado en virtud de que expresan en valores numéricos la información de censos o muestras, que contribuyen a fundamentar la

toma de decisiones en el manejo de los bosques (Lübbers 1997), además su aplicación genera datos que coadyuvan a orientar las acciones de protección y manejo en la conservación de la diversidad biológica de los hábitats.

El interés en los índices de diversidad reside en su confiabilidad dentro de los análisis de calidad ambiental concerniente a Impactos Ambientales. Esto es que las observaciones de comunidades maduras de ambientes estables típicamente muestran una alta diversidad de especies, mientras que aquellas en situación de disturbio se presentan con una menor diversidad, lo que lleva a algunos investigadores a utilizar los índices de diversidad como medidas de estrés ambiental (Cox, 1996).

La Biodiversidad no sólo considera el número de especies diferentes sino también su abundancia, por ello la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea, es conocida como diversidad Alfa; mientras que la diversidad Beta es el grado de cambio o remplazo de la composición de especies entre las diferentes comunidades de un paisaje, así también la diversidad Gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972).

El presente análisis se sustenta en los índices de diversidad alfa para la descripción y el análisis de sus componentes; para obtenerlos se empleó el índice de Shannon-Wiener, ya que este índice toma en cuenta tanto el número de especies, como el número de individuos por especie, también asume que la muestra es aleatoria y tomada de una población indefinidamente grande (Krebs, 2000; Moreno, 2001).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi\,(\ln pi)$$

Dónde:
H'= Índice de diversidad de especies
S= Número de especies
pi= proporción total de la muestra que corresponde a la especie *i*

La medición para la equidad de la abundancia de especies, se deriva de la Equidad de Pielou y se expresa como:

$$\mathbf{J' = H' / H'_{max}}$$

Donde **H' max** = In (S)

A su vez mide la proporción observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Así que, para obtener parámetros completos de la diversidad de especies de un hábitat, es recomendable cuantificar el número de especies y su representatividad. La principal ventaja de los índices es que resumen mucha información en un sólo valor y permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo.

Sin embargo, aún y cuando un índice sea aplicado cumpliendo los supuestos del modelo, y su variación refleje cambios en la riqueza o estructura de la comunidad, resulta generalmente difícil interpretar por sí mismo; y sus cambios pueden ser sólo explicados regresando a los datos de riqueza específica y abundancia proporcional de las especies. Por lo tanto, lo más conveniente es preservar valores tanto de la riqueza como de algún índice de la estructura de la comunidad, de tal forma que ambos parámetros sean complementarios en la descripción de la diversidad.

Resultados

En este apartado se muestran los datos obtenidos de los muestreos realizados en las comunidades vegetales que se distribuyen en el área de afectación del proyecto, y que se encuentran representadas en el SAR.

- **Vegetación de Bosque de Pino en el SAR**

En el SAR en estudio se obtuvo una riqueza de 30 especies, distribuidas en 18 familias y un total de 317 individuos. La familia más representativa es Asteraceae con 5 especies, seguida de Pinaceae, Fabaceae y Fagaceae con 3 especies, respectivamente.

De las especies registradas, *Hesperocyparis lusitanica*, perteneciente a la familia Cupressaceae, se encuentra bajo estatus de Protección Especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el SAR esta comunidad vegetal se distribuye en la mitad norte de la poligonal delimitada, sin embargo, se presenta en fragmentos, afectada principalmente por las superficies dedicadas a la agricultura de temporal anual y pastizales inducidos.

A continuación, se presentan las especies que constituyen la vegetación en comento. Asimismo, se anexa en el capítulo VIII del presente estudio, un documento digital (en formato Excel) con la base de datos de los registros de las especies encontradas en el SAR y los cálculos de los índices de importancia (IVI) y de Shannon-Wiener (H').

Tabla 29. Especies de flora registrada en el bosque de pino en el SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Cedro blanco
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	Espinorrero
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino chamaite
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	Pino ocote
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo
Fagaceae	*Quercus rugosa*	Encino quiebra hacha

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	Albarrobo
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa
Asteraceae	*Ageratina adenophora*	Flor de espuna
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Escoba
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	Huele de noche
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	Zapotillo
Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	---
Fabaceae	*Lupinus aschenbornii*	Garbancillo
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea
Rosaceae	*Prunus capuli*	Capulín
Fagaceae	*Quercus crassipes*	Encino tesmolillo
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	Orquídea
Liliaceae	*Calochortus spatulatus*	---
Rubiaceae	*Crusea longiflora*	Hierba del soldado
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	Hierba del sapo
Hypoxidaceae	*Hypoxis mexicana*	---
Onagraceae	*Oenothera deserticola*	Onagra de monte
Oxalidaceae	*Oxalis alpina*	Acedera de montaña
Dennstaedtiaceae	*Pteridium feei*	Crespililla
Asteraceae	*Tagetes tenuifolia*	Cempasúchil de campo

- Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo se registraron en los sitios de muestreo un total de 164 individuos, distribuidos en 9 especies y 5 familias.

La familia más representativa es Pinaceae, con 3 especies. En México esta familia comprende 4 géneros y 61 especies; la mayor diversidad se encuentra en los bosques montañosos de la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

Con respecto a las especies en el SAR, *Pinus oocarpa y Pinus montezumae* son las especies más abundantes, y las que definen la comunidad, con 78 y 77 individuos en los sitios de muestreo, y aproximadamente 325 y 321 individuos por hectárea, respectivamente.

Pinus oocarpa es nativo de México y Centroamérica (CONAFOR, 2003); se distribuye desde el noroeste de México hasta el centro de Nicaragua (Gutiérrez, *et al*., 2010). Esta especie es la productora primaria de resina de pino en México, tambien es considerada como un recurso potencial maderable de gran importancia. Es utilizada para la construcción en general, así como combustible, leña y carbón. Forma rodales puros, o se encuentra asociada con otras especies de coníferas y Quercus.

Por otra parte, una de las especies más abundantes de los bosques del centro de México es *Pinus montezumae* (Herrera, et al., 2024). Dicha especie es una especie maderable de gran importancia económica; su madera se utiliza para la fabricación de muebles, estructuras, celulosa, cajas de empaque, puntales para minas, durmientes, postes, duelas, cercas, construcciones pesadas y livianas, chapa, triplay. La resina (trementina) se emplea en la fabricación de aguarrás y brea (Sandoval, s.f.). Sin embargo, su uso indiscriminado, aunado al cambio de uso de suelo y la fragmentación, ha reducido su regeneración, afectando sus poblaciones.

De las especies registradas, *Hesperocyparis lusitanica* se encuentra bajo estatus de "Protección especial" en la NOM-059-SEMARNAT-2010; sin embargo, su presencia se debe a que ha sido empleada en reforestaciones en toda la región; en el SAR se encuentra poco representada.

Tabla 30. Abundancia de las especies arbóreas en los 6 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4	SAR5	SAR6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	0	0	2	0	0	0	2
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	0	0	0	0	2	0	2
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	0	0	1	0	0	0	1
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	0	0	0	0	1	0	1
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	13	33	22	9	0	0	77
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	0	0	0	33	45	78
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	0	0	1	0	0	1
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	0	0	0	0	1	0	1
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	0	0	0	0	0	1	1
Familias: 5	**Riqueza: 9**		**13**	**33**	**25**	**10**	**37**	**46**	**164**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

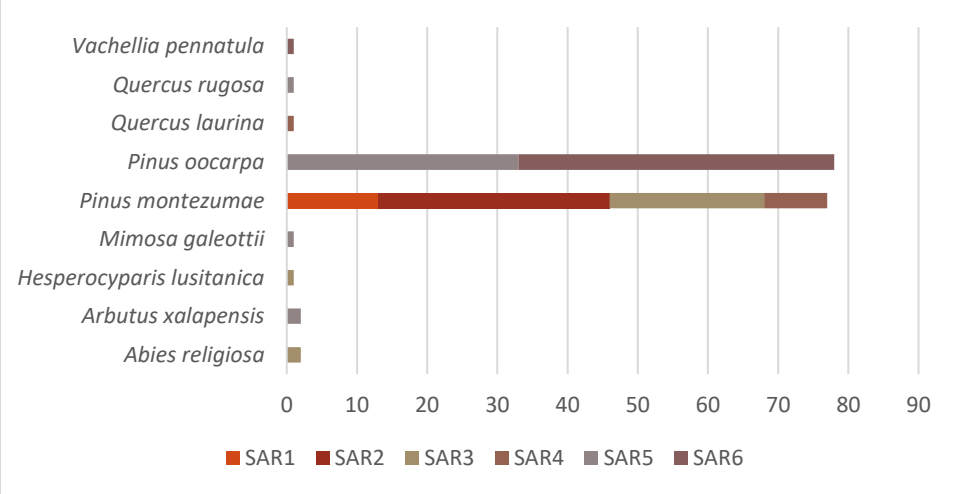


Figura 62. Abundancias por sitios de muestreo de las especies arbóreas registradas en el BP en el SAR

- Estrato arbustivo

En los 6 sitios de muestreo, para este estrato se registraron 138 individuos pertenecientes a 14 especies y 11 familias. La familia Asteraceae es la más representativa con 3 especies, seguida de Solanaceae con 2.

La familia Asteraceae o Compositae, constituye el grupo vegetal más diverso de plantas vasculares sobre el planeta (Bremer, 1994; Smith et al., 2004); su distribución es prácticamente cosmopolita y es una de las familias más comunes en la mayor parte de los hábitats (Rzedowski, 1972; Villaseñor, 1993); los bosques templados y los matorrales xerófilos registran la mayor riqueza de especies y de endemismos de esta familia.

El género Ageratina está representado por 2 especies, mientras que Baccharis por 1 especie. Con respecto a las especies *Ageratina glabrata* y *Baccharis conferta* son las especies más abundantes, con 30 y 22 individuos, respectivamente, en los sitios 6 de muestreo. *Ageratina glabrata* crece en forma de arbusto silvestre con una altura de 1.5 metros, pudiendo alcanzar los 2 metros de altura en buenas condiciones de humedad. Es un arbusto erecto, ramoso, de tallos estriados, hojosos hasta la inflorescencia y hojas romboideo-oblongadas; es conocida popularmente con el nombre de chamizo blanco, hierba del golpe e hilo y se emplea por su presunta actividad analgésica (García, 2011). Habita a orillas de caminos y en áreas de vegetación perturbada, como pastizales y bosques de pino, encino y junípero.

Baccharis conferta se encuentra en bosques de Pino, Pino-Encino y Oyamel en altitudes que van de 2,000 a 3,900 msnm; esta especie es importante en los procesos de restauración ecológica debido a que es una especie de sucesión temprana que fija y fertiliza el suelo. Además, es planta nodriza de especies de estados sucesionales más tardíos debido a que crea microclimas que favorecen el establecimiento de éstas.

Tabla 31. Abundancia de las especies arbustivas en los 6 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4	SAR5	SAR6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	30	0	0	0	0	0	30
Asteraceae	*Ageretina adenophora*	-	0	0	2	0	0	0	2
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	5	0	0	0	0	0	5
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	21	1	0	0	0	0	22
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	0	1	1	0	0	0	2
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	0	1	0	0	0	0	1
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	1	0	0	0	0	0	1
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	0	0	0	1	0	1
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	0	0	0	2	0	0	2
Fabaceae	*Lupinus aschenbornii*	-	0	0	0	1	0	0	1
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	7	0	0	0	0	0	7
Rosaceae	*Prunus capuli*	-	0	0	1	0	0	0	1
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	0	1	0	0	0	0	1
Familias: 11	**Riqueza: 14**		**64**	**4**	**4**	**3**	**1**	**0**	**76**

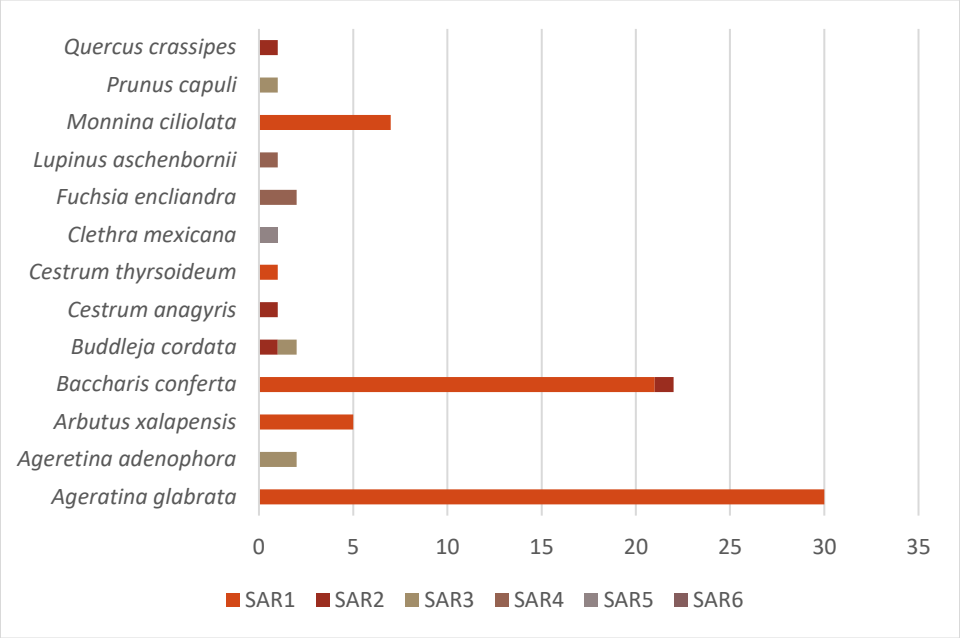


Figura 63. Abundancia por sitio de las especies arbustivas del BP en el SAR

- Estrato herbáceo

Para este estrato, en los 6 subcuadrantes de 1 m² se registraron 15 individuos distribuidos en 8 familias y 9 especies.

Las familias se encuentran repartidas de manera casi homogénea; entre las especies más abundantes se encuentran *Crusea longiflora, Bletia gracilis, Oenothera desertícola y Oxalis alpina.*

En este estrato no se registran especies bajo alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 32. Abundancia de las especies herbáceas en los 6 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR1	SAR2	SAR3	SAR4	SAR5	SAR6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	0	0	0	0	0	2	2
Liliaceae	*Calochortus spatulatus*	-	0	0	0	0	0	1	1
Rubiaceae	*Crusea longiflora*	-	0	0	0	0	4	0	4
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	0	0	0	0	0	1	1
Hypoxidaceae	*Hypoxis mexicana*	-	0	0	0	1	0	0	1
Onagraceae	*Oenothera deserticola*	-	0	0	0	2	0	0	2
Oxalidaceae	*Oxalis alpina*	-	0	0	0	2	0	0	2
Dennstaedtiaceae	*Pteridium feei*	-	0	0	0	0	1	0	1
Asteraceae	*Tagetes tenuifolia*	-	0	0	0	0	0	1	1
Familias: 8	**Riqueza: 9**		**0**	**0**	**0**	**5**	**5**	**5**	**15**

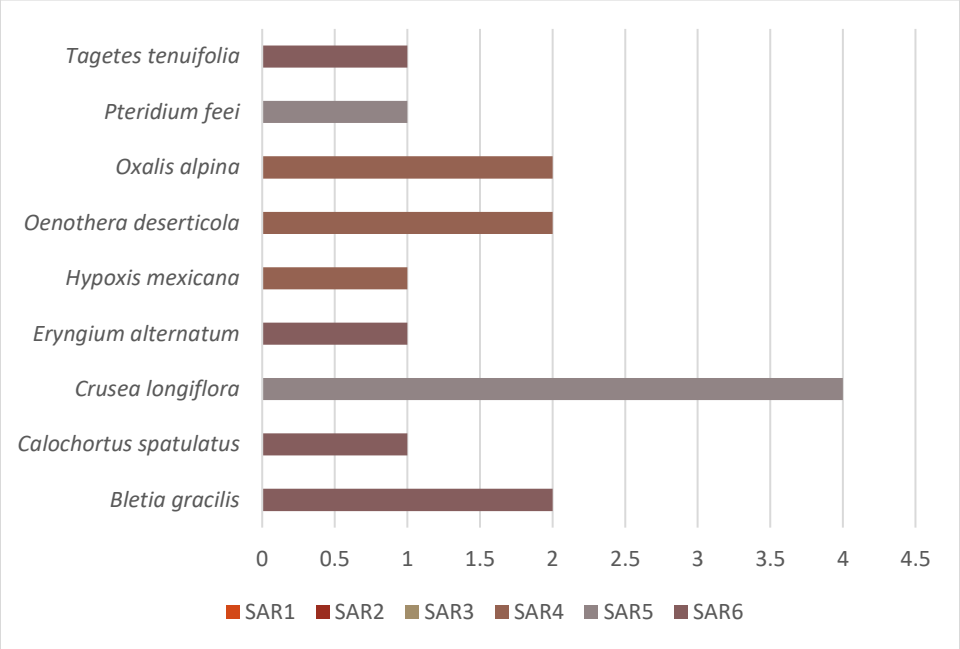


Figura 64. Abundancia por sitio de las especies herbáceas del BP en el SAR

De acuerdo a los registros obtenidos en los 6 sitios de muestreo, para los estratos arbóreo y arbustivo se tiene una abundancia de 682 y 315 individuos por hectárea, respectivamente, para un total de 997 individuos por hectárea. Por su parte, para el estrato herbáceo se tiene un aproximado de 25,001 individuos por hectárea. Es importante mencionar que la cantidad de individuos total, es una representación de lo que puede existir en la superficie antes mencionada, ya que la vegetación no es totalmente homogénea, por lo que en alguno de estos estratos la cantidad puede ser mayor o menor.

- **Vegetación de Bosque de Pino en el AI**

En el área de influencia del proyecto se obtuvo una riqueza de 40 especies, distribuidas en 22 familias y un total de 397 individuos. Dentro de las familias que destacan se encuentran Asteraceae (10 especies), Pinaceae (4 especies) y Fabaceae (3 especies).

Este tipo de vegetación acompaña a la carretera en operación desde el inicio del proyecto, hasta los alrededores del cadenamiento 45+700, sin embargo, se encuentra muy fragmentada por la existencia de asentamientos humanos y áreas agrícolas, por lo que, en algunas porciones, únicamente se presenta como franjas de vegetación que permiten la conectividad física del paisaje y sirven como corredores a parches de vegetación en mejor estado de conservación.

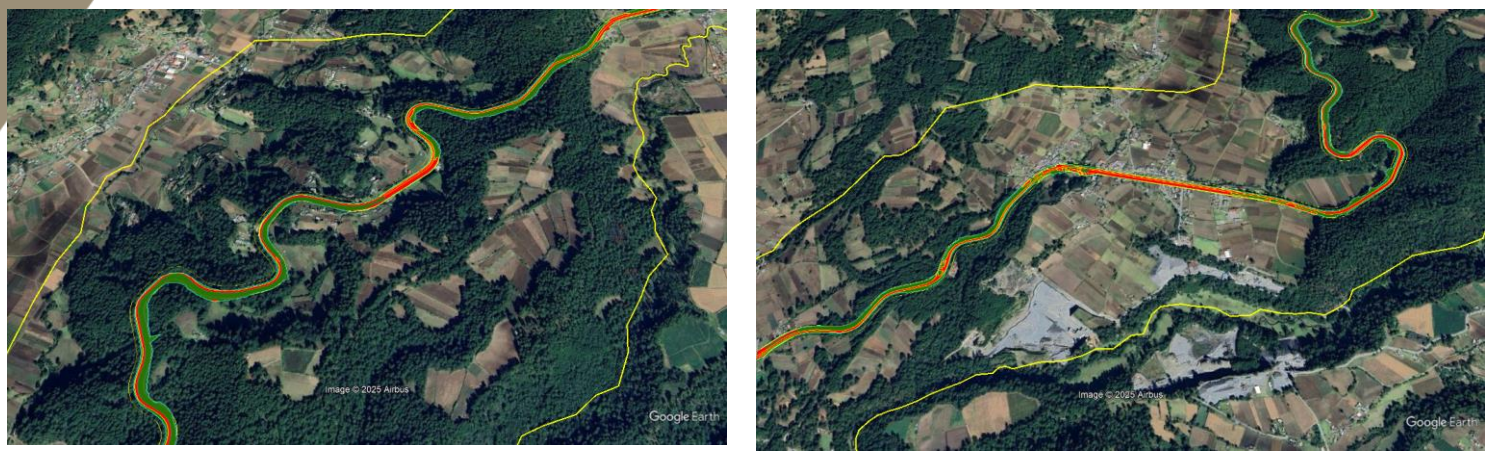


Figura 65. Vista satelital del Bosque de pino fragmentado en el AI

A pesar de que la comunidad vegetal presenta diversos estados de conservación, alberga una riqueza importante de especies, las cuales se presentan a continuación. Asimismo, se anexa un documento digital (en formato Excel) con la base de datos de los registros de las especies encontradas y los cálculos de los índices de importancia (IVI) y de Shannon-Wiener (H') (Ver anexo en capítulo VIII).

Tabla 33. Listado de especies registradas en los muestreos BP en la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aile
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	Chaquira
Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Cedro blanco
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino chamaite
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	Pino ocote
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	Raíces de serpiente
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	Guajillo
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Escoba
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	Barba de viejo
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	Huele de noche
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Arrayán
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	---
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*	Falso maguey grande
Pinaceae	*Prunus capuli*	Capulín

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Fagaceae	*Quercus crassipes*	Encino tesmolillo
Rosaceae	*Rubus liebmannii*	Zarzamora
Salicaceae	*Salix paradoxa*	Borreguito
Asteraceae	*Stevia ovata*	Hierba del aire
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	Perlita
Asteraceae	*Bidens odorata*	Aceitilla
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	Aceitilla
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	Hoja de plata
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	Coyamol
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	Hierba del sapo
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	Albahaca silvestre
Asteraceae	Jaegeria hirta	Botón amarillo
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	Alfilerillo
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	Trébol de la suerte
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	Sangrina del Himalaya
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Rabanillo
Malvaceae	*Sida abutilifolia*	Arrastradilla
Solanceae	*Solanum appendiculatum*	Tomate silvestre
Asteraceae	*Tagetes foetidissima*	Flor de muerto

Con respecto a especies bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se registraron dos especies, éstas son *Hesperocyparis lusitanica* y *Comarostaphylis discolor*. Cabe destacar que la primera de ellas, incluso se presenta con mayor abundancia en el AI con respecto al SAR, sin embargo, ello se debe a que esta especie es ampliamente empleada como cerco vivo a orillas de la carretera, además de que se ha introducido en el área mediante labores de reforestación, causando impactos negativos, principalmente por el desplazamiento de especies nativas.

- Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo se registraron para los 6 sitios de muestro un total de 130 individuos, distribuidos en 10 especies y 8 familias botánicas.

Pinus montezumae es la especie mas abundante, con 67 individuos registrados en los sitios muestreados, y un aproximado de 279 individuos por hectárea. Continúan en abundancia *Pinus oocarpa* (20 individuos) y *Alnus jorullensis* (19 individuos).

Alnus jorullensis es una especie importante en los procesos de regeneración de los bosques, ya que son los primeros colonizadores después de disturbios causados a los ecosistemas de manera natural o antrópica como son incendios forestales, tala, sobrepastoreo, inundaciones, etc.

H. lusitanica se mantiene presente, formando parte de cercos vivos existentes a las orillas de la carretera en operación.

Tabla 34. Abundancia de las especies arbóreas en los 6 sitios de muestreo del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	3	0	0	0	0	0	3
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	11	0	0	8	0	0	19
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	0	0	0	0	0	2	2
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	1	0	0	0	0	0	1
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	0	0	9	0	0	0	9
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	1	0	0	0	0	0	1
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	0	0	0	0	6	0	6
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	12	11	14	15	15	0	67
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	0	0	0	0	20	20
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	1	1	0	0	0	2
Familias: 8	**Riqueza: 10**		**28**	**12**	**24**	**23**	**21**	**22**	**130**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

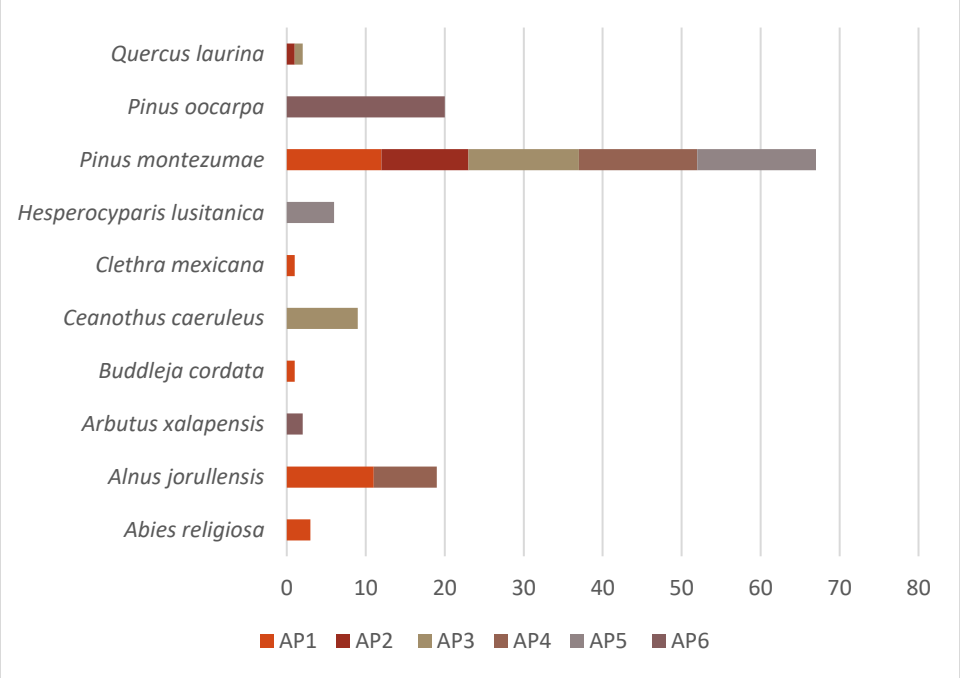


Figura 66. Abundancia por sitio de las especies arbóreas del BP en el AI

- Estrato arbustivo

Para este estrato se registraron un total de 212 individuos, pertenecientes a 20 especies y 13 familias. De éstas, *Ageratina grandifolia* es la especie más abundante con 31 individuos, seguida de *Ageratina glabrata* con 30 y *Rubus liebmannii* con 21 individuos.

Ageratina, con 167 especies constituye el género más diverso de las Asteraceae mexicanas y el sexto más diverso de las plantas vasculares en México; las especies registradas son comunes de bosques de montaña húmedos, bosques de coníferas y matorrales de tipo tropical y xerofítico. Por su parte, *R. liebmannii* habita en zonas montañosas de México; en general, las zarzamoras silvestres se distribuyen en la región biogeográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, y el Estado de México es uno de los que mayor riqueza de especies presenta (Rodríguez-Bautista, 2021).

Tabla 35. Abundancia de las especies arbustivas en los 6 sitios de muestreo de la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6		Abundancia 6 sitios de muestreo
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	25	0	0	6	0	0		31
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	-	0	0	0	0	0	1		1
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	0	0	0	0	0	30		30
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	13	1	0	0	0	0		14
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	0	0	0	0	0	3		3
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	0	0	0	14	0	0		14
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	0	0	1	0	1		2
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	0	0	0	0	3	0		3
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	0	0	0	0	4	0		4
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*	-	0	0	1	0	0	0		1
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	0	0	0	0	17	0		17
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	0	0	0	0	12	0		12
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	0	0	0	0	11		11
Pinaceae	*Prunus capuli*	-	0	0	7	0	0	0		7
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	0	2	0	0	0	0		2
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	1	0	0	0	0		1
Rosaceae	*Rubus liebmannii*	-	0	15	0	0	6	0		21
Salicaceae	*Salix paradoxa*	-	0	0	0	3	0	0		3
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	20	0	0	0	0	0		20
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	0	2	0	13	0	0		15
Familias: 13	**Riqueza: 20**		**58**	**21**	**8**	**37**	**42**	**46**		**212**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

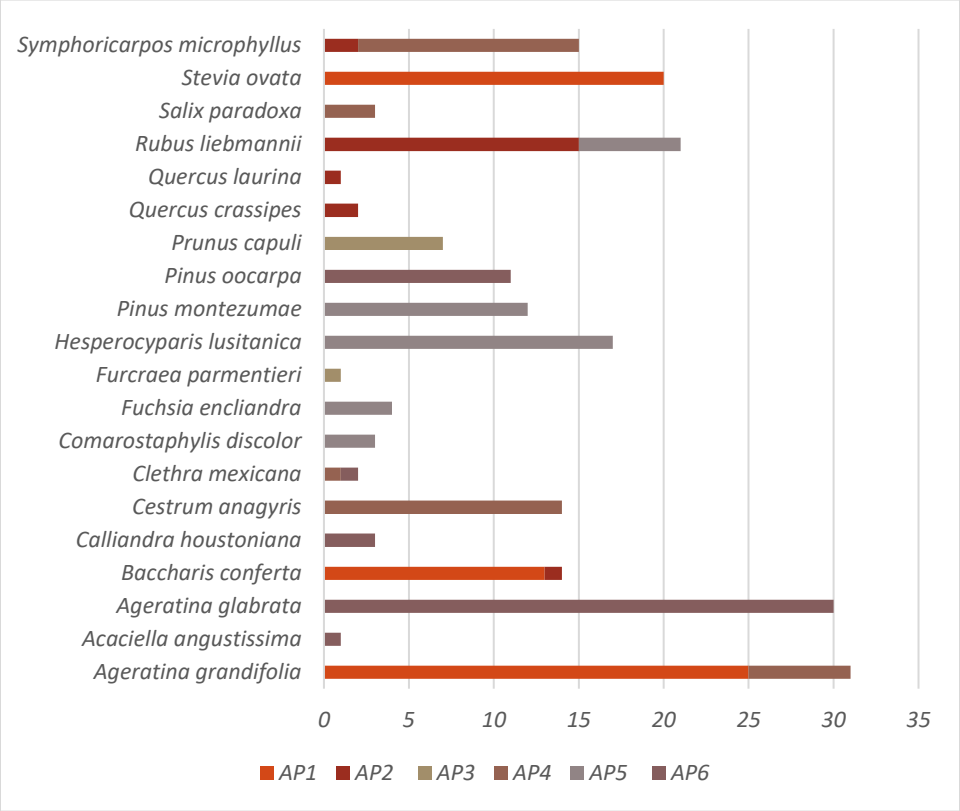


Figura 67. Abundancia por sitio de las especies arbustivas del BP en el AI

- Estrato herbáceo

En la superficie del AI se registraron un total de 55 individuos en los subcuadrantes de 1m^2, los cuales pertenecen a 15 especies y 10 familias botánicas.

Las especies más abundantes son *Lopezia racemosa, Sida abutilifolia, Tagetes foetidissima, Eryngium alternatum* que habitan en áreas ruderales en México, como malezas a orillas de camino o en lotes baldíos; *B. ostruthioides* el cual es un elemento moderadamente abundante en bosques húmedos de coníferas y de encino; *O. tetraphylla* especie que se puede encontrar en pastizales húmedos y zonas estacionalmente inundadas, entre otras.

Tabla 36. Abundancia de las especies herbáceas en los 6 sitios de muestreo de la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Asteraceae	*Bidens odorata*	-	0	0	0	0	0	2	2
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	0	0	5	0	4	0	9
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	-	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	0	0	0	0	0	2	2
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	2	0	0	0	0	1	3

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	AP6	Abundancia 6 sitios de muestreo
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	0	0	0	1	0	0	1
Asteraceae	Jaegeria hirta	-	0	0	0	1	0	0	1
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	0	0	0	11	0	0	11
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	0	0	2	0	1	0	3
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	0	5	0	0	0	0	5
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	0	2	0	0	0	0	2
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	-	0	0	0	0	1	0	1
Malvaceae	*Sida abutifolia*	-	0	8	0	0	0	0	8
Solanceae	*Solanum appendiculatum*	-	0	0	1	0	0	0	1
Asteraceae	*Tagetes foetidissima*	-	0	0	0	5	0	0	5
Familias: 10	**Riqueza: 15**		**2**	**15**	**8**	**18**	**6**	**6**	**55**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

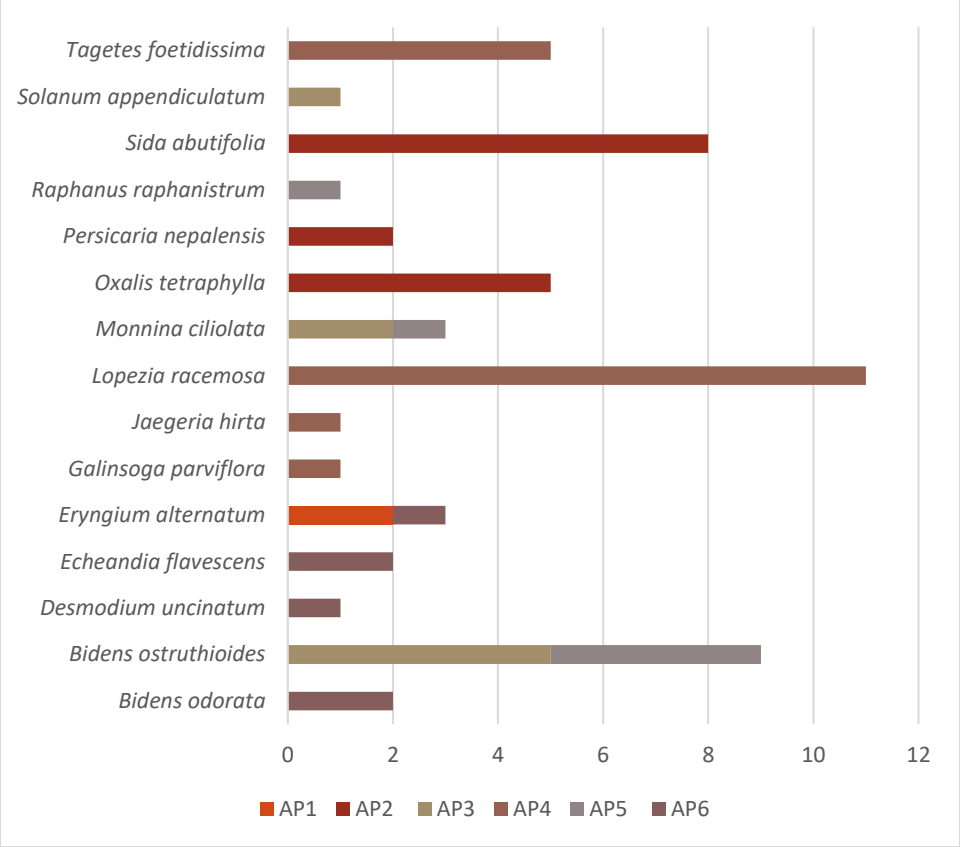


Figura 68. Abundancia por sitio de las especies herbáceas del BP en la superficie del AI

En este estrato no se registraron especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Una vez obtenida la abundancia en los sitios de muestreo en el AI, se hace una proyección con respecto a la superficie del CUSTF, esto para tener una idea aproximada de la cantidad de individuos que existen en las 26.57 hectáreas solicitadas para este ecosistema y que se verán afectados.

En dicho contexto, se afectarán un aproximado de 14,374 individuos arbóreos, así como 23,487 individuos arbustivos que conforman el bosque de pino. Es importante recalcar que esto es una estimación y el número final por remover puede resultar menor en algunos estratos y mayor en otros, esto debido principalmente a que las especies no se distribuyen de manera homogénea en cualquier ecosistema.

- **Vegetación de bosque de pino-encino en el SAR**

En el SAR en estudio se obtuvo una riqueza de 45 especies, distribuidas en 26 familias y un total de 549 individuos. Dentro de las familias más representativas se encuentran Asteraceae, con 9 especies registradas, además de otras familias como Fagaceae (5 especies), Lamiaceae (3 especies), Asparagaceae (3), Geraniaceae (2), Iridaceae (2), Rosaceae (2), entre otras.

La vegetación se encuentra en distintos estados de conservación, siendo que una superficie de 5,175.60 hectáreas corresponde a bosque de pino-encino, mientras que 115.79 hectáreas albergan vegetación secundaria arbórea, y 1,998.09 vegetación secundaria arbustiva; dichas comunidades se encuentran afectadas por la conversión del uso de suelo a zonas agropecuarias y asentamientos humanos, entre otros impactos que se desarrollan en la región.

A continuación, se presentan las especies que constituyen la vegetación de bosque de pino-encino. Asimismo, se anexa en el capítulo VIII del presente estudio, un documento digital (en formato Excel) con la base de datos de los registros de las especies encontradas en el SAR y los cálculos de los índices de importancia (IVI) y de Shannon-Wiener (H').

Tabla 37. Listado de especies registradas en los muestreos de la BPQ en el SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aile
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño
Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle
Rosaceae	*Crataegus mexicana*	Tejocote
Pinaceae	*Pinus montezumae*	Pino chamaite
Fagaceae	*Quercus calophylla*	Encino ancho
Fagaceae	*Quercus crassipes*	Encino tesmolillo
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	Encino amarillo
Fagaceae	*Quercus rugosa*	Encino quiebra hacha
Asparagaceae	*Agave inaequidens*	Maguey
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	Raíces de serpiente
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Escoba
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	Palo amarillo

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Solanaceae	*Cestrum nocturnum*	Dama de noche
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	---
Garriaceae	*Garrya laurifolia*	Cuachichic
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	---
Rhamnaceae	*Rhamnus serrata*	Capulincillo
Asteraceae	*Roldana albonervia*	Lagunillas
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	Perlita
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	Cuamaquiztle
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	Aceitilla
Alstroemiriaceae	*Bomarea edulis*	Zarcilla
Asteraceae	*Cirsium ehrenbergii*	Cardo
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	Coyamol
Rosaceae	*Fragaria vesca*	Fresa
Geraniaceae	*Geranium deltoideum*	Pata de león
Geraniaceae	*Geranium seemannii*	Agujona
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	Botón amarillo
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	Alfilerillo
Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus*	---
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	Trébol de la suerte
Piperaceae	*Peperomia bracteata*	Pimienta de tierra
Lamiaceae	*Prunella vulgaris*	Bretónica
Lamiaceae	*Salvia iodantha*	Campana terciopelo
Sigesbeckia	*Sigesbeckia jorullensis*	Flor de araña
Iridaceae	*Sisyrinchium tenuifolium*	---
Lamiaceae	*Stachys eriantha*	Betónica de montaña
Asteraceae	*Stevia ovata*	Hierba del aire
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	Diente de león
Commelinaceae	*Tradescantia zebrina*	Matalí
Fabaceae	*Trifolium repens*	Trébol blanco

No se registraron especies bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el bosque de pino-encino en el SAR.

- Estrato arbóreo

En el SAR en estudio se obtuvo una riqueza de 10 especies, pertenecientes a 6 familias y un total de 161 individuos. La familia con mayor riqueza de especies es Fagaceae, la cual está representada por 5 especies; sin embargo, la especie más abundante en esta comunidad vegetal es *Pinus montezumae*, la cual está representada en los 8 sitios de muestreo por 96 individuos,

seguida de *Quercus laurina* (33), *Quercus crassipes* (9), *Alnus jorullensis* (8), *Quercus magnoliifolia* (3), *Quercus rugosa* (3).

Como puede observarse *Pinus montezumae* es la especie dominante, siendo abundante en el Estado de México, y observándose por todo el este del municipio de Temascaltepec, donde se asocia con las especies de árboles acompañantes antes mencionadas.

Tabla 38. Abundancia de las especies arbóreas en los 8 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR 7	SAR 8	SAR 9	SAR 10	SAR 11	SAR 12	SAR 13	SAR 14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	0	0	0	1	0	5	2	0	8
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	1	0	0	0	1	1	0	0	3
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	2	0	1	0	1	0	0	0	4
Rosaceae	*Crataegus mexicana*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	4	21	5	12	5	4	23	22	96
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	0	0	0	0	0	0	0	9	9
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	11	2	7	13	0	0	0	33
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	1	0	0	0	0	1	1	0	3
Familia: 6	**Especie: 10**		**11**	**32**	**8**	**20**	**20**	**11**	**28**	**31**	**161**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

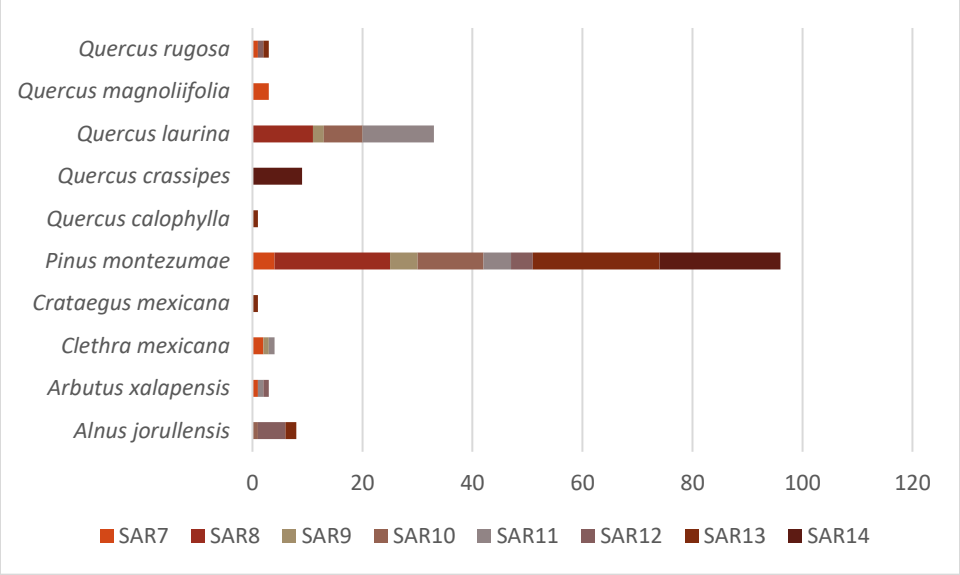


Figura 69. Abundancias por sitios de muestreo de las especies arbóreas registradas en el BPQ del SAR

- Estrato arbustivo

Para este estrato se registraron 329 individuos, pertenecientes a 17 especies y 13 familias. La familia Asteraceae se encuentra representada por 4 especies, mientras que Fagaceae por 2 especies; el resto de las familias presenta 1 sola especie.

La especie más abundante en este estrato es *Baccharis conferta*, siendo que se registraron 130 individuos en los 8 sitios de muestreo. Otras especies con menor abundancia son *Quercus laurina* (38), *Ageratina glabrata* (36*), Symphoricarpos microphyllus* (32) y *Ageratina grandifolia* (25).

Tabla 39. Abundancia de las especies arbustivas en los 8 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR 7	SAR 8	SAR 9	SAR 10	SAR 11	SAR 12	SAR 13	SAR 14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Asparagaceae	*Agave inaequidens*	-	0	0	0	2	13	0	0	0	15
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	0	1	0	0	0	0	0	35	36
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	2	0	20	3	0	0	0	0	25
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	45	6	0	77	2	0	0	0	130
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Solanaceae	*Cestrum nocturnum*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Garriaceae	*Garrya laurifolia*	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	0	0	25	0	0	0	0	0	25
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	-	0	0	11	0	0	0	0	0	11
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	20	0	5	13	0		0	38
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	1	0	0	0	0	6	0	0	7
Rhamnaceae	*Rhamnus serrata*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	*Roldana albonervia*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	0	12	0	20	0	0	0	0	32
Familias: 13	**Riqueza: 17**		**48**	**40**	**57**	**108**	**29**	**8**	**3**	**36**	**329**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

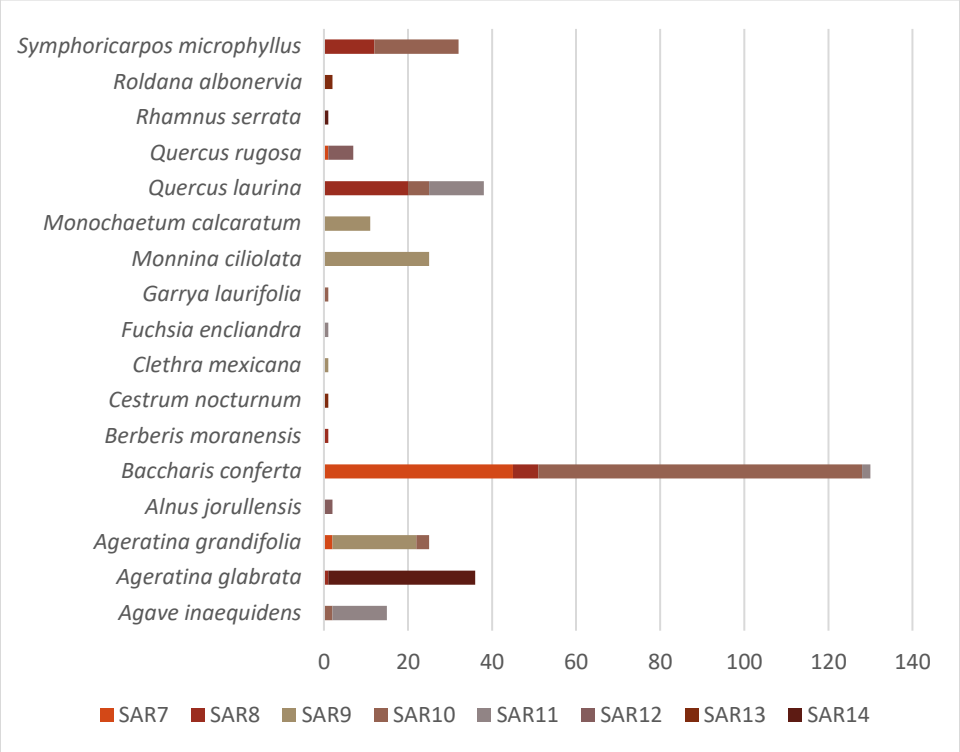


Figura 70. Abundancia por sitio de las especies arbustivas en el BPQ en el SAR

- Estrato herbáceo

Para este estrato se registraron 59 individuos distribuidos en 16 familias y 24 especies.

La familia con mayor riqueza de especies es Asteraceae (5 especies), seguida de Lamiaceae (3), y Geraniaceae e Iridaceae con 2 especies cada una, el resto de las familias está representada por 1 sola especie.

Entre las especies mas abundantes se encuentran *Bidens ostruthioides, Stevia ovata, Stachys eriantha, Trifolium repens, Adiantum andicola, Oxalis tetraphylla*, entre otras.

Tabla 40. Abundancia de las especies herbáceas en los 8 sitios de muestreo del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR 7	SAR 8	SAR 9	SAR 10	SAR 11	SAR 12	SAR 13	SAR 14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	0	0	3	0	0	0	0	1	4
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	0	1	4	2	0	0	0	0	7
Alstroemiriaceae	*Bomarea edulis*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Asteraceae	*Cirsium ehrenbergii*	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Rosaceae	*Fragaria vesca*	-	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Geraniaceae	*Geranium deltoideum*	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	SAR 7	SAR 8	SAR 9	SAR 10	SAR 11	SAR 12	SAR 13	SAR 14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Geraniaceae	*Geranium seemannii*	-	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	-	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	-	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus*	-	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Piperaceae	*Peperomia bracteata*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	*Prunella vulgaris*	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lamiaceae	*Salvia iodantha*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Sigesbeckia	*Sigesbeckia jorullensis*	-	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Iridaceae	*Sisyrinchium tenuifolium*	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Lamiaceae	*Stachys eriantha*	-	0	5	0	0	0	0	0	0	5
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	1	0	0	0	5	0	0	0	6
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Commelinaceae	*Tradescantia zebrina*	-	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Fabaceae	*Trifolium repens*	-	0	0	0	4	0	1	0	0	5
Familia: 16	**Riqueza: 24**		**5**	**8**	**9**	**12**	**7**	**3**	**7**	**8**	**59**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

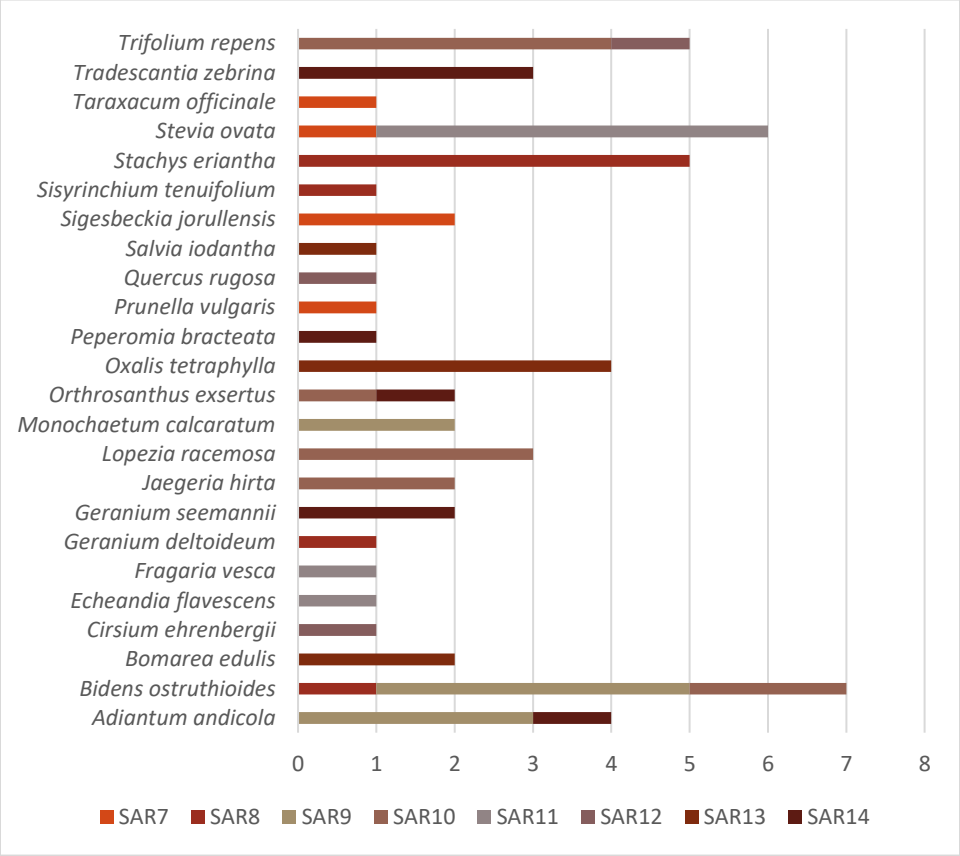


Figura 71. Abundancia por sitio de las especies herbáceas en el BPQ del SAR

De acuerdo a los registros obtenidos en los 8 sitios de muestreo, para los estratos arbustivo y arbóreo se tiene una abundancia total de 1,529 individuos por hectárea, de los cuales 502 individuos corresponden al estrato arbóreo y 1,027 al arbustivo. Las especies herbáceas alcanzan un total de 73,750 individuos por hectárea.

- **Vegetación de bosque de pino-encino en el AI**

Dentro del tipo de vegetación muestreada en la superficie del AI se obtuvo una riqueza de 47 especies, distribuidas en 25 familias y un total de 569 individuos. La familia con mayor número de especies es Asteraceae con 8 especies, seguida de Fagaceae y Fabaceae con 5 especies, respectivamente.

En los sitios de muestreo realizados en el área de influencia se presenta 1 especie en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Comarostaphylis discolor*, la cual se encuentra bajo estatus de Protección especial "Pr".

A continuación, se presentan las especies pertenecientes a la vegetación de bosque de pino-encino registradas en la superficie del AI. Asimismo, se anexa un documento digital (en formato Excel) con la base de datos de los registros de las especies encontradas y los cálculos de los índices de importancia (IVI) y de Shannon-Wiener (H') (Ver anexo en capítulo VIII).

Tabla 41. Listado de especies registradas en los muestreos del BPQ en la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN
Pincaceae	*Abies religiosa*	Oyamel
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aile
Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle
Musaceae	*Ensete ventricosum*	Falso plátano
Pincaceae	*Pinus montezumae*	Pino chamaite
Pincaceae	*Pinus oocarpa*	Pino ocote
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Guayaba
Fagaceae	*Quercus calophylla*	Encino ancho
Fagaceae	*Quercus laurina*	Encino laurelillo
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	Encino amarillo
Fagaceae	*Quercus rugosa*	Encino quiebra hacha
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	Raíces de serpiente
Asteraceae	*Baccharis conferta*	Escoba
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	Palo amarillo
Scrophulariaceae	*Buddleja parviflora*	Sayolisco
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	Barba de viejo
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	Chaquira
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	Zapotillo
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Arrayán
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*	Naríz de lobo
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	---
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	Sabino
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	Espinorrero
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*	Macuilillo
Urticaceae	*Phenax hirtus*	Ortiguilla
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Ahuejote
Symplocaceae	*Symplocos citrea*	Chico
Asteraceae	*Telanthophora andrieuxii*	Bejuco de agua
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	Huizache
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	Albarrobo
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	Cuamaquiztle
Pteridaceae	*Adiantum patens*	---
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	Chamisa
Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	Gorupito
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	Ala de ángel
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	Aceitilla
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	Orquídea
Fagaceae	*Cologania broussonetii*	Tzintziki

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMUN
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	Coyamol
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	Hierba del sapo
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	Albahaca silvestre
Fabaceae	*Macroptilium gibbosifolium*	Jícama de monte
Asparagaceae	*Maianthemum scilloideum*	Sello de Salomón falso
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	Sangrina del Himalaya
Asteraceae	*Psacalium peltatum*	Matarique
Solanaceae	*Solanum appendiculatum*	Tomate silvestre
Commelinacea	*Tradescantia commelinoides*	Lluia

- Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo se registraron un total de 178 individuos distribuidos en 11 especies. La familia que presenta mayor riqueza es Fagaceae, siendo que se presentan 4 especies de encinos, los cuales sin embargo presentan baja abundancia, y por el contrario, la especie *Clethra mexicana* se encuentra ampliamente distribuida en el área de influencia, de la cual se tuvo registro de 53 individuos en los sitios de muestreo. Le siguen en importante *Pinus montezumae* (45 individuos), *Pinus oocarpa* (29) y *Quercus rugosa* (23).

Clethra mexicana es una especie distribuida principalmente a lo largo del Eje Volcánico Transversal y de algunas montañas adyacentes, desde Michoacán hasta Puebla; es una planta sin problemas de supervivencia, ya que se ve favorecida por el disturbio. Habita principalmente en bosques mixtos de pino y encino y mesófilos de montaña, pero con frecuencia ocupa claros de los bosques y ambientes alterados (González-Villareal, 1996).

Tabla 42. Abundancia de las especies arbóreas en los 8 sitios de muestreo del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP7	AP8	AP9	AP10	AP11	AP12	AP13	AP14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Pincaceae	*Abies religiosa*	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	0	0	7	0	2	0	0	0	9
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	19	14	2	18	0	0	0	53
Musaceae	*Ensete ventricosum*	-	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Pincaceae	*Pinus montezumae*	-	17	2	0	6	12	8	0	0	45
Pincaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	0	0	0	0	0	9	20	29
Myrtaceae	*Psidium guajava*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	0	4	0	0	1	0	0	0	5
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	5	0	0	0	0	0	0	0	5
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	0	0	0	0	0	0	5	0	5
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	0	0	0	7	9	5	0	2	23
Familias: 6	**Riqueza: 11**		**23**	**25**	**22**	**15**	**42**	**13**	**16**	**22**	**178**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

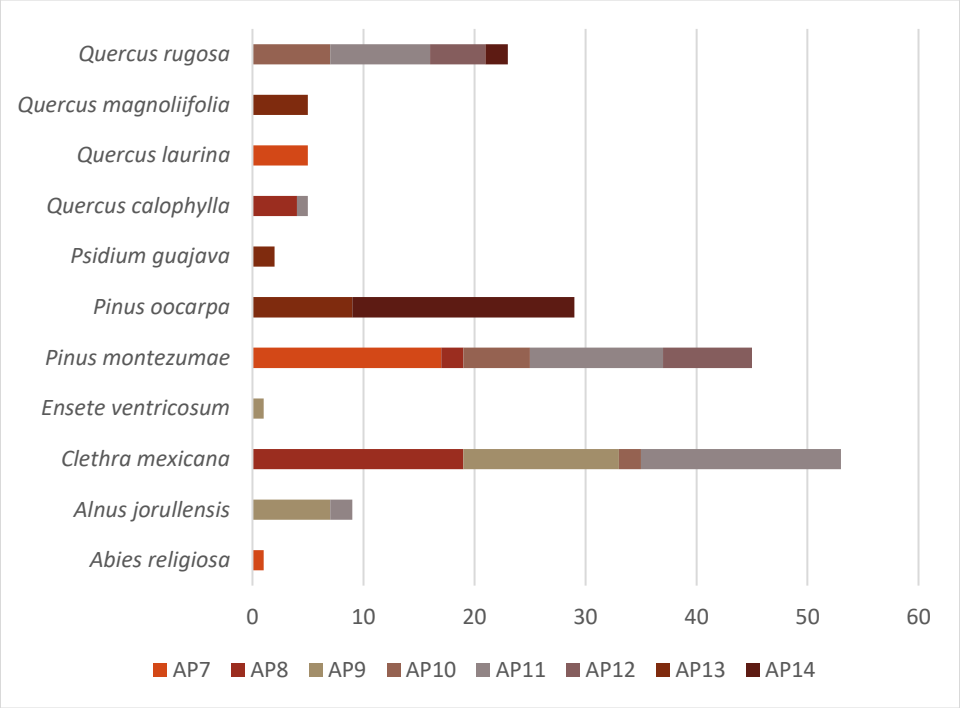


Figura 72. Abundancia por sitio de las especies arbóreas de la Vs/BAP en el AI

- Estrato arbustivo

Para este estrato se registraron un total de 338 individuos, pertenecientes a 25 especies y 16 familias. Fabaceae es la familia con mayor numero de especies (4 especies), además de Fagaceae y Asteraceae que tambien son representativas en este estrato, con 3 especies.

Ageratina grandifolia, perteneciente a la familia Asteraceae es la especie más abundante, con 78 individuos registrados en los sitios de muestreo.

Únicamente se determinó la presencia de 1 individuo de *Comarostaphylis discolor,* la cual se encuentra bajo estatus de "Pr" en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 43. Abundancia de las especies arbustivas en los 8 sitios de muestreo de la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP7	AP8	AP9	AP10	AP11	AP12	AP13	AP14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	17	0	1	25	35	0	0	0	78
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	13	0	0	0	0	0	0	0	13
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	-	12	0	0	0	0	0	0	0	12
Scrophulariaceae	*Buddleja parviflora*	-	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	0	0	0	0	1	2	1	0	4
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	7	0	0	0	0	0	0	0	7

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP7	AP8	AP9	AP10	AP11	AP12	AP13	AP14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	45	0	0	0	0	0	17	62
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*	-	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	0	2	0	25	7	0	0	0	34
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	-	0	0	0	0	0	0	5	0	5
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*	-	0	0	11	0	1	0	0	0	12
Urticaceae	*Phenax hirtus*	-	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	3	0	0	2	0	0	0	0	5
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	0	0	0	0	0	9	9	18
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	0	0	0	0	0	0	26	0	26
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	0	0	0	12	0	22	0	6	40
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Symplocaceae	*Symplocos citrea*	-	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Asteraceae	*Telanthophora andrieuxii*	-	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Familia: 16	**Riqueza: 25**		**56**	**47**	**13**	**68**	**47**	**25**	**43**	**39**	**338**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

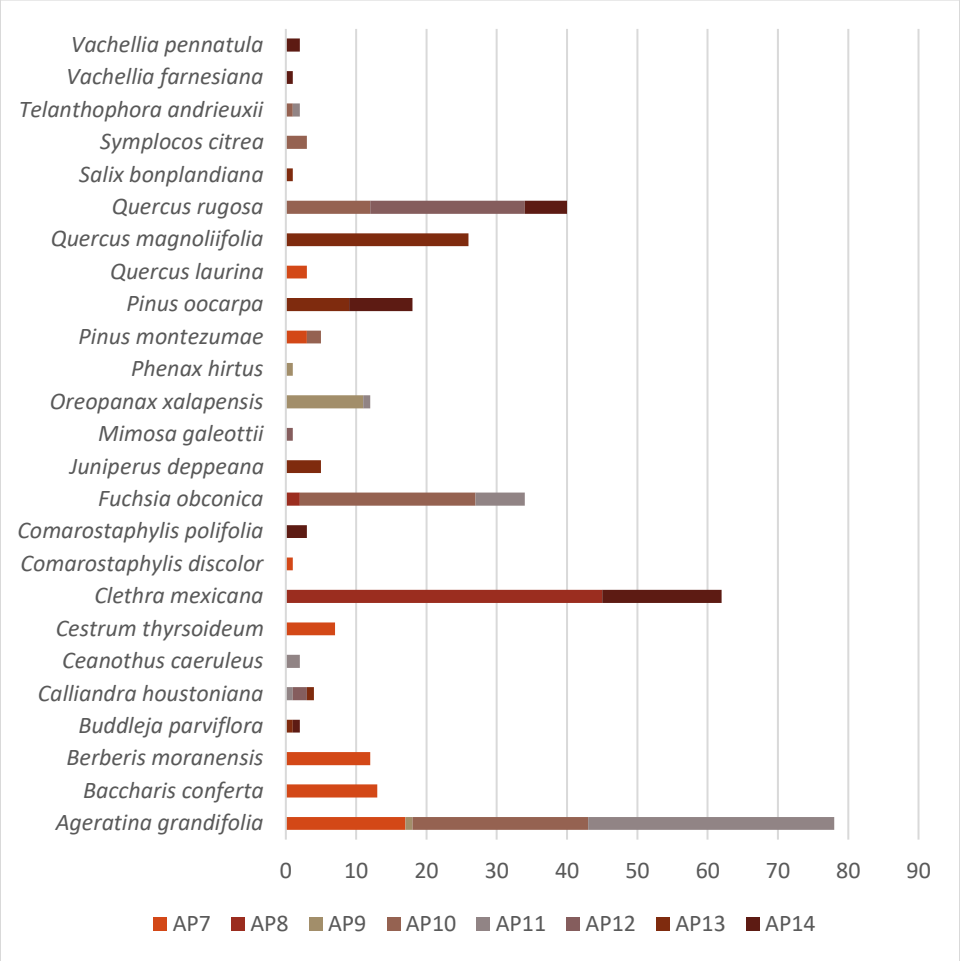


Figura 73. Abundancia por sitio de las especies arbustivas en el BPQ del AI

- Estrato herbáceo

En la superficie del AI se registraron un total de 53 individuos que pertenecen a 21 especies y 11 familias botánicas, de las cuales, Asteraceae continúa siendo la más representativa con 7 especies.

Cabe destacar que en los subsitios de muestreo de 1m^2 *Bidens ostruthioides* y *Solanum appendiculatum* son las especies más abundantes, aunque es importante mencionar que a pesar de que la riqueza de especies es importante, la mayoría de éstas corresponden a plantas ruderales, es decir herbáceas anuales tolerantes a la perturbación.

Tabla 44. Abundancia de las especies herbáceas en los 8 sitios de muestreo de la superficie del AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	AP7	AP8	AP9	AP10	AP11	AP12	AP13	AP14	Abundancia 8 sitios de muestreo
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Pteridaceae	*Adiantum patens*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	12	0	0	0	0	0	0	0	12
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Fagaceae	*Cologania broussonetii*	-	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	*Macroptilium gibbosifolium*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	*Maianthemum scilloideum*	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	3	0	0	0	0	0	0	2	5
Asteraceae	*Psacalium peltatum*	-	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Solanaceae	*Solanum appendiculatum*	-	0	0	11	0	0	0	0	0	11
Commelinacea	*Tradescantia commelinoides*	-	0	1	0	0	1	0	0	0	2
Familias: 11	**Riqueza: 21**		**15**	**5**	**11**	**3**	**6**	**0**	**8**	**5**	**53**

NOM-059: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010

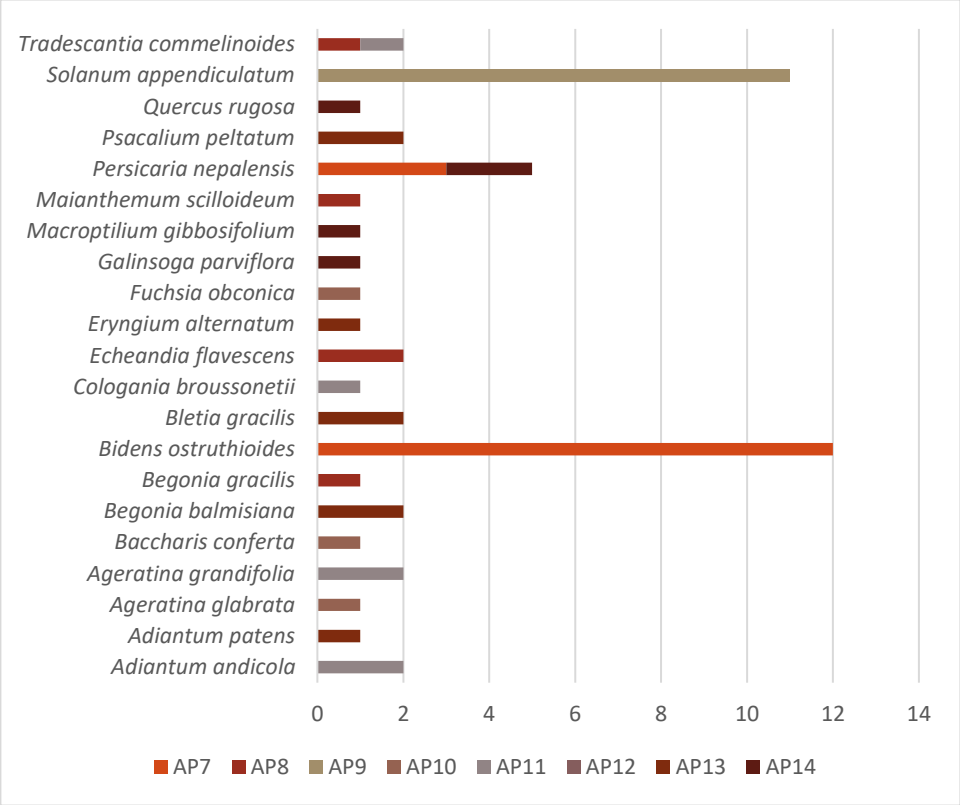


Figura 74. Abundancia por sitio de las especies herbáceas en el BPQ en la superficie del AI

Una vez obtenida la abundancia en los sitios de muestreo en el AI, se hace una proyección con respecto a la superficie del CUSTF para la vegetación de bosque pino-encino, esto para tener una idea aproximada de la cantidad de individuos que existen en las 49.75 hectáreas solicitadas para este ecosistema y que se verán afectados.

En dicho contexto, el proyecto conlleva la afectación de 27,761 individuos arbóreos y 52,541 arbustivos, por lo que será sumamente importante la ejecución de medidas de mitigación, con la finalidad de compensar le pérdida de cobertura vegetal, y promover la conservación de la biodiversidad del sitio.

Afectación a la biodiversidad de los ecosistemas presentes

La vegetación de bosque de pino y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino en el SAR ocupan una superficie de 5,030.80 hectáreas, que corresponden al 21.13%. Por su parte, la superficie solicitada para el CUSTF será de 26.57 ha, lo que representa una porción del 0.11 % del SAR, tal como se observa en la Tabla 44.

Con respecto a la vegetación de bosque de pino-encino, incluyendo la vegetación secundaria arbórea de bosque y vegetación secundaria arbustiva derivada de la antes mencionada, suman una superficie de 7,289.48 hectáreas, que corresponden al 30.62% del SAR. Mientras que la superficie solicitada para CUSTF para este tipo de vegetación será de 49.75 hectáreas, lo que corresponde al 0.21% del SAR delimitado.

Tabla 45. Superficies representadas por tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Superficie dentro del SAR (hectáreas)	Porcentaje que representa en el SAR (%)	Superficie del CUSTF (hectáreas)	Porcentaje que representa la superficie del CUSTF con respecto al SAR (%)
Bosque de pino (incluye vegetación secundaria derivada de esta)	5,030.80	21.13	26.57	0.11
Bosque de pino-encino (incluye vegetación secundaria derivada de esta)	7,289.48	30.62	49.75	0.21

Esta referencia es una primera aproximación para discernir si existirá afectación en la biodiversidad de los tipos de vegetación involucrados.

Por otra parte, para obtener la información de la diversidad florística en el SAR y la superficie solicitada para el CUSTF, se levantaron 28 sitios de muestreos dirigidos tanto en el SAR (14 sitios), como en el Área de influencia del Proyecto (14 sitios); de esta última se tomaron los valores para determinar la afectación del CUSTF, ya que la superficie de afectación (AP) se encuentra embebida en el área de influencia.

A partir de ello y del análisis previamente realizado, se presenta el análisis de los índices de valor de importancia (IVI), de Shannon-Wiener (H') y de equidad (J') para los 3 estratos dentro de la vegetación de bosque de pino, así como en el bosque de pino-encino, tanto del SAR como en la superficie del AI. Además de ello, se presentan las comparativas de abundancia por hectárea, Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies registradas en el SAR y en el AI, así como el análisis del índice de Shannon-Wiener. (Los cálculos en formato digital se encuentran anexos a este estudio).

- **Índices obtenidos para el Bosque de Pino en el SAR y AI**

  - Estrato arbóreo

En el estrato arbóreo, en el SAR, la especie con mayor IVI corresponde a *P. montezumae*, con un valor de 158.72, por lo que la hace la especie con mayor importancia en la comunidad, seguida de *Pinus oocarpa* con 77.43 (Tabla 46**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). De la misma manera, en el AI *P. montezumae* es la especie dominante con un IVI de 169.97, seguida de *Alnus jorullensis* con 29.17 y *Pinus oocarpa* con 27.48 (Tabla 47).

Tabla 46. Índices obtenidos para las especies arbóreas del BP del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	8	1.220	7.692	2.819	11.731	0.012	0.054
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	8	1.220	7.692	0.464	9.376	0.012	0.054
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	4	0.610	7.692	0.795	9.097	0.006	0.031
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	4	0.610	7.692	0.153	8.455	0.006	0.031
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	321	46.951	30.769	81.008	158.728	0.470	0.355

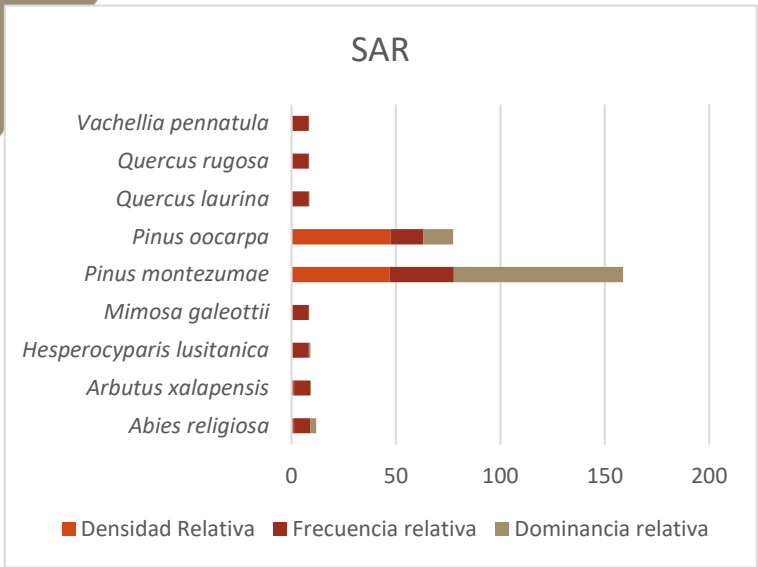
FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	325	47.561	15.385	14.490	77.436	0.476	0.353
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	4	0.610	7.692	0.209	8.511	0.006	0.031
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	4	0.610	7.692	0.038	8.340	0.006	0.031
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	4	0.610	7.692	0.023	8.325	0.006	0.031
			682	**100.000**	**100.000**	**100.000**	**300.000**	**1.000**	**0.971**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 47. Índices obtenidos para las especies arbóreas del BP en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	13.00	2.31	6.25	0.91	9.47	0.02	0.09
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	79.00	14.62	12.50	2.06	29.18	0.15	0.28
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	8.00	1.54	6.25	0.15	7.94	0.02	0.06
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	4.00	0.77	6.25	0.07	7.09	0.01	0.04
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	38.00	6.92	6.25	0.30	13.47	0.07	0.18
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	4.00	0.77	6.25	0.21	7.23	0.01	0.04
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	25.00	4.62	6.25	2.97	13.83	0.05	0.14
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	279.00	51.54	31.25	87.19	169.98	0.52	0.34
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	83.00	15.38	6.25	5.85	27.48	0.15	0.29
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	8.00	1.54	12.50	0.29	14.33	0.02	0.06
			541.00	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**	**1.00**	**1.53**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*



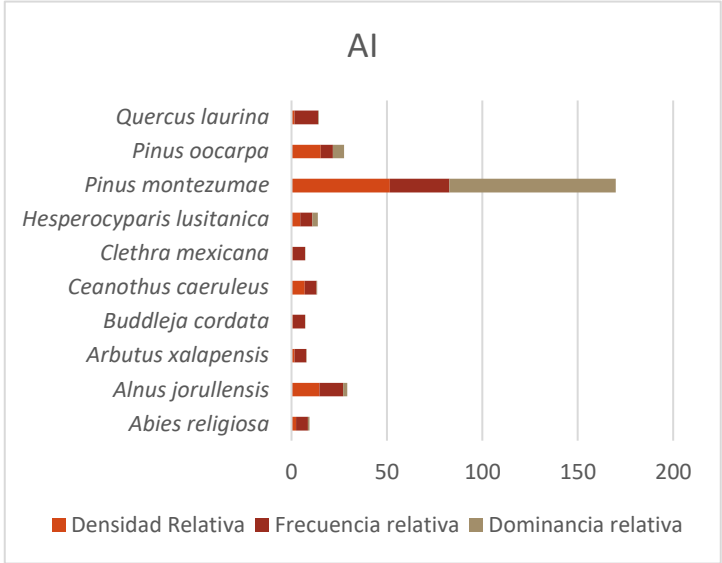


Figura 75. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato arbóreo en el BP del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 0.97, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.20, lo que indica que faltan 1.23 puntos para que obtenga su máxima diversidad. Por su parte, en el AI se obtuvo un valor de H´ de 1.53, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.30, por lo que existen 0.77 en lo que a diferencia de diversidad concierne.

Tabla 48. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo para el bosque de pino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	9.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	0.97
Diversidad máxima (H max)	2.20
Equidad (J)	0.44
Diferencia diversidad	1.23

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	10.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	1.53
Diversidad máxima (H max)	2.30
Equidad (J)	0.66
Diferencia diversidad	0.77

Si bien, de acuerdo a los resultados de la Tabla 48, y tal como se muestra en la Tabla 49, tanto la riqueza de especies, como la diversidad, resultan ligeramente mayores en el AI, cabe destacar que la abundancia por hectárea es mayor en el SAR, donde se obtuvieron 681 individuos por hectárea, mientras que en el AI se tienen 541 individuos por hectárea, a la vez que las especies presentes en ésta ultima superficie corresponden a especies con mayor tolerancia y que pueden crecer en claros de bosque, como *Clethra mexicana, Ceanothus caeruleus, Buddleja cordata* y *Alnus jorullensis*, las cuales incluso no fueron registradas en el SAR, lo que podría ser un indicador de que la zona de afectación del proyecto, embebida en el área de influencia, presenta actualmente mayor perturbación en la vegetación. Este dicho también se avala en el hecho de que las especies dominantes y que determinan la estructura de la vegetación, como *P.*

Montezumae y *P. oocarpa* son más abundantes en el SAR, constituyendo prácticamente bosques puros, con reducción de las especies acompañantes, las cuales muestran mayor abundancia en el AI.

Asimismo, la diferencia entre las especies *Abies religiosa* y *Quercus laurina* presentes en ambas superficies, es mínima en lo que respecta a número de individuos; finalmente, la presencia de la especie *H. lusitanica* en el AI, y no en el SAR, se debe a que dicha especie ha sido ampliamente usada como cerco vivo en las orillas de la carretera en operación, así como en plantaciones que se registraron en el área de influencia, donde dicha especie ha sido introducida.

Tabla 49. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato arbóreo del BP

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Pinaceae	*Abies religiosa*	-	8	13	-5	11.73	9.47
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	8	8	0	9.38	7.94
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	4	25	-21	9.10	13.83
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	4	0	4	8.46	0.00
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	321	279	42	158.73	169.98
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	325	83	242	77.44	27.48
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	4	8	-4	8.51	14.33
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	4	0	4	8.34	0.00
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	4	0	4	8.33	0.00
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	0	79	-79	0.00	29.18
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	0	4	-4	0.00	7.09
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	0	38	-38	0.00	13.47
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	0	4	-4	0.00	7.23
			682	**541**			

Aquellas especies que resultaron con diferencias negativas entre el SAR y AI serán consideradas para su rescate y propagación, con la finalidad de ser empleadas en labores de reforestación, considerando siempre la sucesión ecológica en la implementación de dichas acciones y que las especies a emplear sean nativas del sitio en donde se pretenda realizar la siembra.

- Estrato arbustivo

En el SAR, para este estrato la especie con mayor IVI corresponde a *Ageratina glabrata*, con un valor de 75.84; otras especies con menor IVI, pero que son importantes en la comunidad vegetal son *Baccharis conferta* (64.06), *Arbutus xalapensis* (33.04), *Monnina ciliolata* (22.80), entre otras (Tabla 50). De la misma forma, en el AI, la especie más representativa también es *Ageratina glabrata* con 34.46 de IVI, seguida de *Pinus oocarpa* con 31.61, *Ageratina grandifolia* (30.26), *Rubus liebmannii* (23.25) y *Baccharis conferta* (Tabla 51).

Tabla 50. Índices obtenidos para las especies arbustivas del BP del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	125	6.6667	29.703	75.843	0.3947	0.37
Asteraceae	*Ageretina adenophora*	-	8	6.6667	3.9604	13.259	0.0263	0.1
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	21	6.6667	19.802	33.048	0.0658	0.18
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	92	13.333	21.782	64.063	0.2895	0.36
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	8	13.333	3.9604	19.925	0.0263	0.1
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	4	6.6667	0.9901	8.9726	0.0132	0.06
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	8	6.6667	1.9802	11.278	0.0263	0.1
Fabaceae	*Lupinus aschenbornii*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	29	6.6667	6.9307	22.808	0.0921	0.22
Rosaceae	*Prunus capuli*	-	4	6.6667	0.9901	8.9726	0.0132	0.06
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	4	6.6667	3.9604	11.943	0.0132	0.06
			315	**100**	**100**	**300**	**1**	**1.75**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 51. Índices obtenidos para las especies arbustivas del BP en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	129	14.623	8	7.65	30.27	0.15	0.28
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	-	4	0.4717	4	0.51	4.98	0	0.03
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	125	14.151	4	16.31	34.46	0.14	0.28
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	58	6.6038	8	4.23	18.83	0.07	0.18
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	13	1.4151	4	0.76	6.18	0.01	0.06
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	58	6.6038	4	11.42	22.02	0.07	0.18
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	8	0.9434	8	0.56	9.50	0.01	0.04
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	13	1.4151	4	2.45	7.86	0.01	0.06
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	17	1.8868	4	1.02	6.91	0.02	0.07
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*	-	4	0.4717	4	0.50	4.97	0	0.03
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	71	8.0189	4	3.47	15.49	0.08	0.2
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	50	5.6604	4	4.28	13.94	0.06	0.16
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	46	5.1887	4	22.43	31.62	0.05	0.15
Pinaceae	*Prunus capuli*	-	29	3.3019	4	2.50	9.80	0.03	0.11
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	8	0.9434	4	3.06	8.00	0.01	0.04
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	4	0.4717	4	0.25	4.73	0	0.03
Rosaceae	*Rubus liebmannii*	-	88	9.9057	8	5.35	23.26	0.1	0.23
Salicaceae	*Salix paradoxa*	-	13	1.4151	4	3.67	9.09	0.01	0.06
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	83	9.434	4	5.10	18.53	0.09	0.22

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	63	7.0755	8	4.49	19.56	0.07	0.19
			884	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.61**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

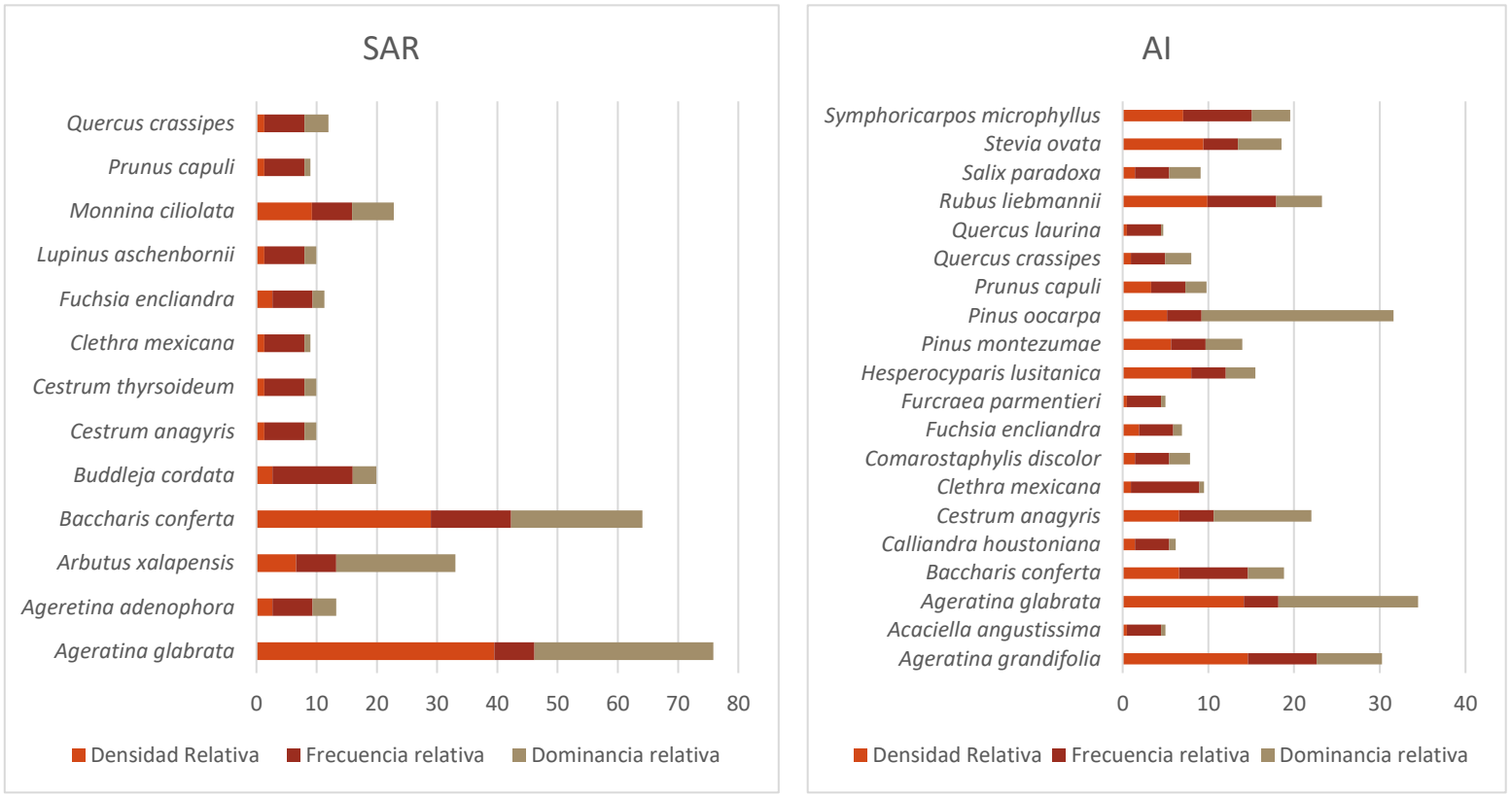


Figura 76. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato arbustivo en el BP del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 1.75, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.56, lo que indica que faltan 0.81 puntos para que obtenga su máxima diversidad. Por su parte, en el AI se obtuvo un valor de H´ de 2.61, mientras que la diversidad máxima esperada es de 3.00, por lo que existen 0.39 en lo que a diferencia de diversidad concierne.

Tabla 52. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato arbustivo para el bosque de pino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	13.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	1.75
Diversidad máxima (H max)	2.56
Equidad (J)	0.68
Diferencia diversidad	0.81

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	20.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.61
Diversidad máxima (H max)	3.00
Equidad (J)	0.87
Diferencia diversidad	0.39

Los resultados en la diferencia entre la riqueza de especies registradas en el SAR y AI se pueden visualizar en la siguiente tabla (Tabla 53). En dicho contexto, puede observarse que además de que en el área de influencia se presenta mayor riqueza de especies, también es mayor la abundancia de individuos por hectárea. El hecho de que en el SAR se presente una mayor cantidad de especies con resultado negativo, puede deberse a que el estado sucesional del bosque de pino en el área de influencia presenta mayor variabilidad, existiendo sitios en los que la vegetación se presenta en estado secundario y con predominancia del estrato arbustivo, a la vez que las especies presentes tienen mayor tolerancia; en contraste, en los bosques del SAR el estrato arbustivo es escaso en las áreas conservadas. Esto concuerda con los resultados encontrados por Rojas-Zenteno et al (2016), donde en un estudio de la vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, estado de México, establecen que, en el bosque de pino, el estrato arbustivo es muy escaso en las zonas donde la vegetación guarda mejor estado de conservación.

Tabla 53. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato arbustivo del BP

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	0	129	-129	0.00	30.27
Fabaceae	*Acaciella angustissima*	-	0	4	-4	0.00	4.98
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	125	125	0	75.84	34.46
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	92	58	34	64.06	18.83
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	0	13	-13	0.00	6.18
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	4	58	-54	9.96	22.02
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	4	8	-4	8.97	9.50
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	0	13	-13	0.00	7.86
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	8	17	-9	11.28	6.91
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*	-	0	4	-4	0.00	4.97
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Pr	0	71	-71	0.00	15.49
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	0	50	-50	0.00	13.94
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	46	-46	0.00	31.62
Pinaceae	*Prunus capuli*	-	4	29	-25	8.97	9.80
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	4	8	-4	11.94	8.00
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	0	4	-4	0.00	4.73

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Rosaceae	*Rubus liebmannii*	-	0	88	-88	0.00	23.26
Salicaceae	*Salix paradoxa*	-	0	13	-13	0.00	9.09
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	0	83	-83	0.00	18.53
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	0	63	-63	0.00	19.56
Asteraceae	*Ageretina adenophora*	-	8	0	8	13.26	0.00
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	21	0	21	33.05	0.00
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	8	0	8	19.93	0.00
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	4	0	4	9.96	0.00
Fabaceae	*Lupinus aschenbornii*	-	4	0	4	9.96	0.00
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	29	0	29	22.81	0.00
			315	**884**			

- Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo del SAR se obtuvo que *Crusea longiflora* es la especie con mayor IVI (103.45), seguida de *Oxalis alpina* (35.23), *Oenothera deserticola* (31.48) y *Bletia gracilis* (27.57) (Tabla 54). Mientras que, en el AI, *Bidens ostruthioides* presenta el mayor valor con 72.59, seguido de *Lopezia racemosa* (37.31) y *Sida abutifolia* (25.80) (Tabla 55).

Tabla 54. Índices obtenidos para las especies herbáceas del BP del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	3333	13.33	11.11	3.13	27.57	0.13	0.27
Liliaceae	*Calochortus spatulatus*	-	1667	6.67	11.11	3.52	21.30	0.07	0.18
Rubiaceae	*Crusea longiflora*	-	6667	26.67	11.11	65.68	103.45	0.27	0.35
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	1667	6.67	11.11	1.56	19.34	0.07	0.18
Hypoxidaceae	*Hypoxis mexicana*	-	1667	6.67	11.11	3.75	21.53	0.07	0.18
Onagraceae	*Oenothera deserticola*	-	3333	13.33	11.11	7.04	31.48	0.13	0.27
Oxalidaceae	*Oxalis alpina*	-	3333	13.33	11.11	10.79	35.23	0.13	0.27
Dennstaedtiaceae	*Pteridium feei*	-	1667	6.67	11.11	1.41	19.19	0.07	0.18
Asteraceae	*Tagetes tenuifolia*	-	1667	6.67	11.11	3.13	20.91	0.07	0.18
			25001	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.06**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 55. Índices obtenidos para las especies herbáceas del BP en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Asteraceae	*Bidens odorata*	-	3333	3.64	5.56	1.54	10.74	0.04	0.12
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	15000	16.36	11.11	45.11	72.59	0.16	0.3
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	-	1667	1.82	5.56	11.87	19.25	0.02	0.07

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	3333	3.64	5.56	2.87	12.06	0.04	0.12
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	5000	5.45	11.11	2.20	18.76	0.05	0.16
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	1667	1.82	5.56	1.07	8.44	0.02	0.07
Asteraceae	Jaegeria hirta	-	1667	1.82	5.56	0.77	8.15	0.02	0.07
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	18333	20.00	5.56	11.75	37.31	0.2	0.32
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	5000	5.45	11.11	4.45	21.02	0.05	0.16
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	8333	9.09	5.56	4.90	19.54	0.09	0.22
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	3333	3.64	5.56	1.70	10.89	0.04	0.12
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	-	1667	1.82	5.56	1.44	8.81	0.02	0.07
Malvaceae	*Sida abutifolia*	-	13333	14.55	5.56	5.70	25.80	0.15	0.28
Solanceae	*Solanum appendiculatum*	-	1667	1.82	5.56	0.77	8.15	0.02	0.07
Asteraceae	*Tagetes foetidissima*	-	8333	9.09	5.56	3.86	18.50	0.09	0.22
			91666	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.38**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

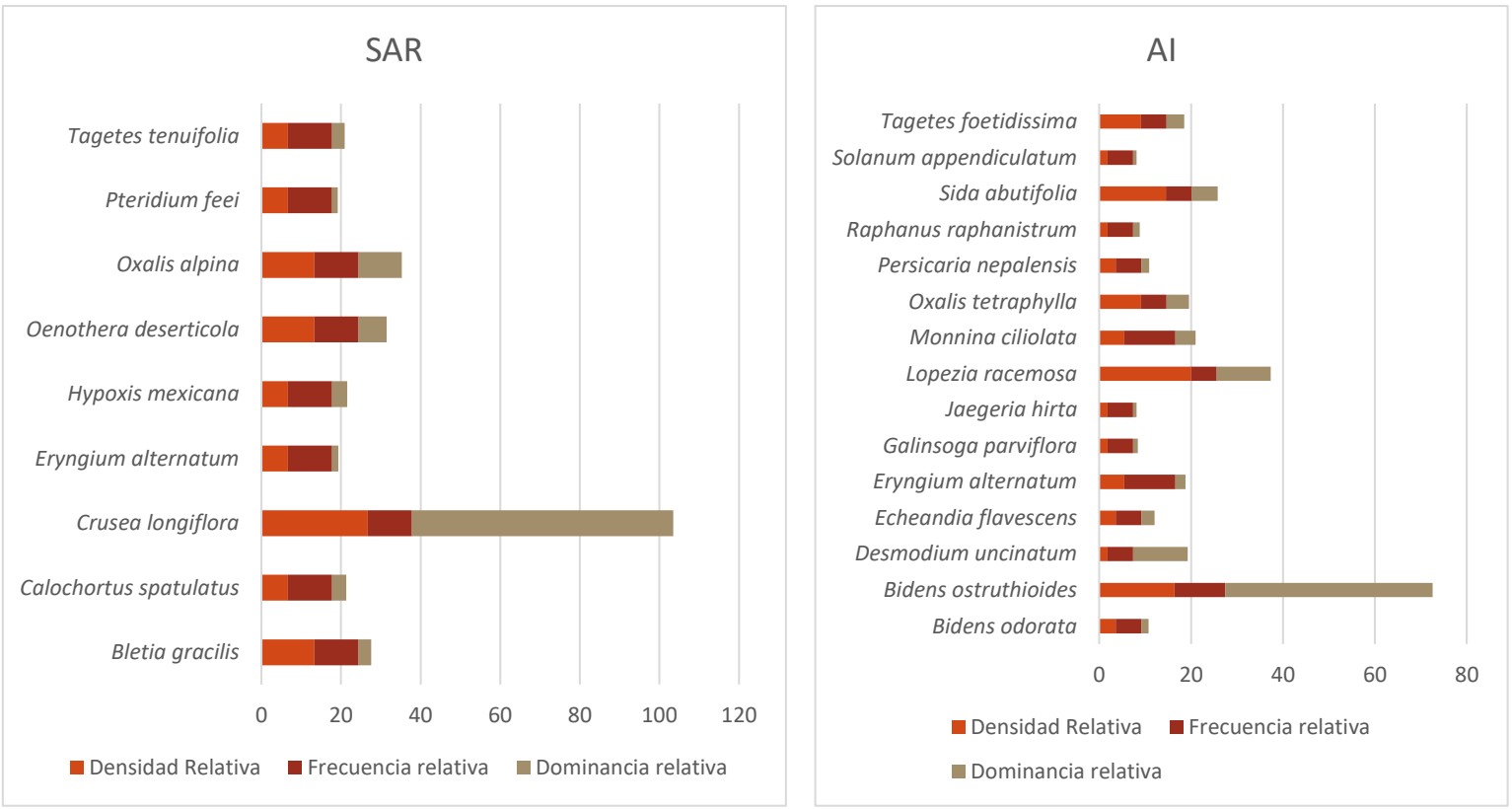


Figura 77. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato herbáceo en el BP del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 2.06, con una riqueza de 9 especies, mientras que en el AI la diversidad es de 2.38, con una riqueza de 15 especies.

Tabla 56. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato herbáceo para el bosque de pino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	9.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.06
Diversidad máxima (H max)	2.20
Equidad (J)	0.94
Diferencia diversidad	0.14

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	15.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.38
Diversidad máxima (H max)	2.71
Equidad (J)	0.88
Diferencia diversidad	0.33

Tabla 57. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato herbáceo del BP

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	3333	0	3333	27.57	0.00
Liliaceae	*Calochortus spatulatus*	-	1667	0	1667	21.30	0.00
Rubiaceae	*Crusea longiflora*	-	6667	0	6667	103.45	0.00
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	1667	5000	-3333	19.34	18.76
Hypoxidaceae	*Hypoxis mexicana*	-	1667	0	1667	21.53	0.00
Onagraceae	*Oenothera deserticola*	-	3333	0	3333	31.48	0.00
Oxalidaceae	*Oxalis alpina*	-	3333	0	3333	35.23	0.00
Dennstaedtiaceae	*Pteridium feei*	-	1667	0	1667	19.19	0.00
Asteraceae	*Tagetes tenuifolia*	-	1667	0	1667	20.91	0.00
Asteraceae	*Bidens odorata*	-	0	3333	-3333	0.00	10.74
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	0	15000	-15000	0.00	72.59
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	-	0	1667	-1667	0.00	19.25
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	0	3333	-3333	0.00	12.06
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	0	1667	-1667	0.00	8.44
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	-	0	1667	-1667	0.00	8.15
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	0	18333	-18333	0.00	37.31
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	0	5000	-5000	0.00	21.02
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	0	8333	-8333	0.00	19.54
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	0	3333	-3333	0.00	10.89
Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	-	0	1667	-1667	0.00	8.81
Malvaceae	*Sida abutifolia*	-	0	13333	-13333	0.00	25.80
Solanceae	*Solanum appendiculatum*	-	0	1667	-1667	0.00	8.15
Asteraceae	*Tagetes foetidissima*	-	0	8333	-8333	0.00	18.50
			25001	**91666**			

Dichos resultados muestran que en el área de influencia hay una mayor riqueza de especies, así como una mayor abundancia, siendo que en el SAR la abundancia es de 25,001 individuos por hectárea, mientras que en el AI se tiene un aproximado de 91,666 individuos por hectárea. Esta condición puede deberse a que en las colindancias de la carretera en operación la estructura del dosel es irregular, con ramas cortas y extendidas que permiten que los rayos solares lleguen al suelo, lo que promueve el establecimiento y abundancia de las especies heliófitas, que presentan una gran afinidad a los altos niveles de luz. Asimismo, debido a que las especies representativas corresponden en su mayoría a especies ruderales, las cuales se caracterizan por ser resistentes a las condiciones de escaso suelo, poca humedad y alta radiación solar, e indicadoras de perturbación ambiental; esta es la condición que guardan la mayoría de las especies que resultaron con diferencias negativas y que se distribuyen en el área de influencia específicamente en las colindancias inmediatas de la carretera en operación.

Aun así, cabe destacar que el proyecto prevé entre las medidas de mitigación, el enriquecimiento de semillas con especies nativas que resultarán afectadas por el proyecto, además de labores de rescate de suelo orgánico para promover la conservación del banco de semillas de especies herbáceas.

σ Índices obtenidos en el Bosque de Pino-encino en el SAR y AI

A continuación, se describe el análisis de los índices de valor de importancia (IVI), de Shannon-Wiener (H') y de equidad (J') para los estratos reportados en el bosque de pino-encino en el SAR y AI.

- Estrato arbóreo

Para el estrato arbóreo de la vegetación de bosque de pino-encino, tanto en el SAR como en el AI, se obtuvo que *Pinus montezumae* es la especie dominante en el ecosistema, ya que obtuvo un IVI de 166.23 en el SAR, mientras que de 105.34 en el AI.

Para el SAR, entre las especies acompañantes se encuentran *Quercus laurina*, con un valor de 45.09, y *Alnus jorullensis* con 17.82. Mientras que para el AI, *Clethra mexicana* presenta un valor de 55.77, seguida de *Quercus rugosa* con 39.71.

Tabla 58. Índices obtenidos para las especies arbóreas del BPQ del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	25	4.97	10.71	2.13	17.82	0.05	0.15
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	9	1.86	10.71	0.25	12.83	0.02	0.07
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	13	2.48	10.71	0.53	13.73	0.02	0.09
Rosaceae	*Crataegus mexicana*	-	3	0.62	3.57	0.11	4.30	0.01	0.03
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	300	59.63	28.57	78.03	166.23	0.6	0.31
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	3	0.62	3.57	0.07	4.26	0.01	0.03
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	28	5.59	3.57	4.67	13.83	0.06	0.16
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	103	20.50	14.29	10.31	45.09	0.2	0.32
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	9	1.86	3.57	0.26	5.70	0.02	0.07

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	9	1.86	10.71	3.65	16.22	0.02	0.07
			502	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**1.32**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 59. Índices obtenidos para las especies arbóreas del BPQ en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pincaceae	*Abies religiosa*	-	3	0.56	4.17	1.48	6.21	0.01	0.03
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	28	5.06	8.33	1.82	15.21	0.05	0.15
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	166	29.78	16.67	9.33	55.77	0.3	0.36
Musaceae	*Ensete ventricosum*	-	3	0.56	4.17	0.07	4.79	0.01	0.03
Pincaceae	*Pinus montezumae*	-	141	25.28	20.83	59.23	105.34	0.25	0.35
Pincaceae	*Pinus oocarpa*	-	91	16.29	8.33	4.98	29.61	0.16	0.3
Myrtaceae	*Psidium guajava*	-	6	1.12	4.17	0.05	5.34	0.01	0.05
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	16	2.81	8.33	9.97	21.11	0.03	0.1
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	16	2.81	4.17	2.08	9.06	0.03	0.1
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	16	2.81	4.17	0.87	7.85	0.03	0.1
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	72	12.92	16.67	10.12	39.71	0.13	0.26
			558	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**1.83**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

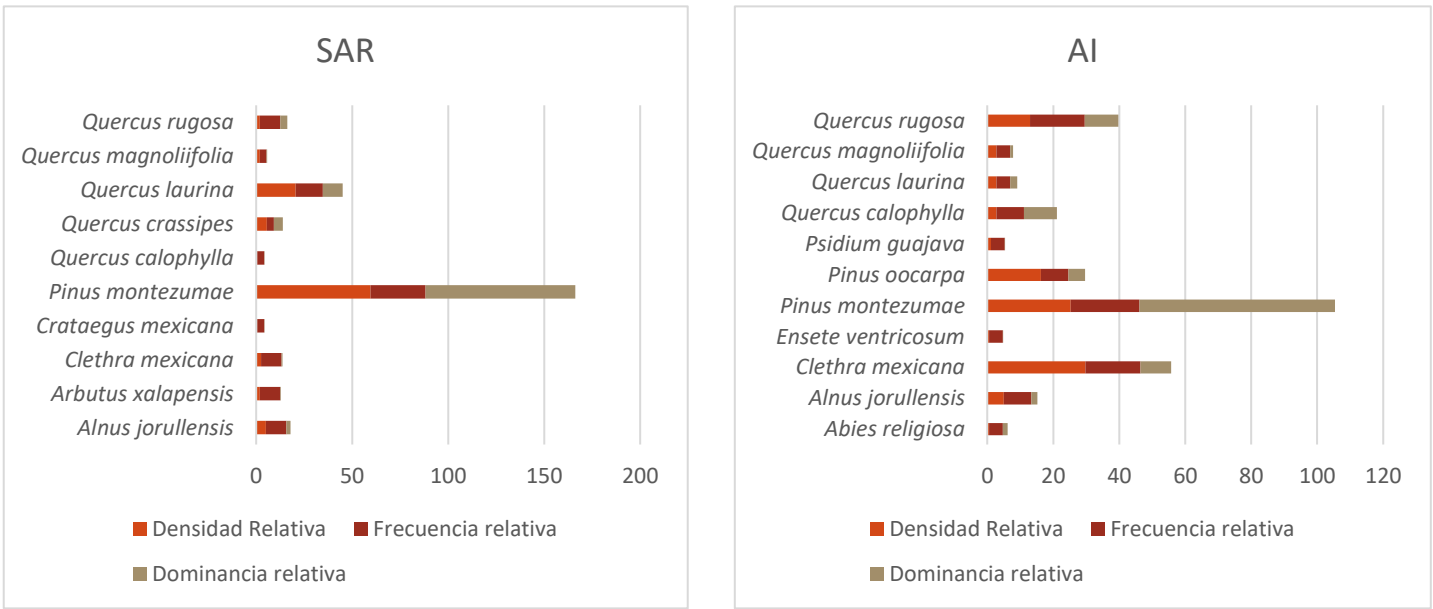


Figura 78. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato arbóreo en el BPQ del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 1.32, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.30, lo que indica que faltan 0.98 puntos para que obtenga su máxima diversidad. Por su parte, en el AI se obtuvo un valor de H´ de 1.83, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.40, por lo que existen 0.57 en lo que a diferencia de diversidad concierne. Tanto la riqueza de especies, como la diversidad, son similares entre ambas superficies muestreadas, con un valor de equidad bajo, lo que indica que hay una especie dominante, en este caso *Pinus montezumae*, y las demás se encuentran en menores proporciones.

Tabla 60. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo para el bosque de pino-encino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	10.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	1.32
Diversidad máxima (H max)	2.30
Equidad (J)	0.57
Diferencia diversidad	0.98

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	11.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	1.83
Diversidad máxima (H max)	2.40
Equidad (J)	0.76
Diferencia diversidad	0.57

A pesar de que la abundancia por hectárea es mayor en el área de influencia (558 individuos por hectáreas), con respecto al SAR (502 individuos por hectárea), esta diferencia no es significativa, aunado al hecho de que las especies que constituyen los bosques maduros, como *Pinus montezumae, Quercus crassipes* y *Quercus laurina*, presentan mayor abundancia y mayor IVI en el SAR. Por su parte, las especies acompañantes que son más abundantes en el AI, como *Clethra mexicana* y *Alnus jorullensis* son comunes en claros de los bosques y ambientes alterados, además que las especies *Psidium guajava* y *Ensete ventricosum* son cultivadas, incluso ésta última es una especie introducida, siendo nativa del altiplano africano. El resto de las especies que resultaron con abundancias negativas en el SAR, como *Quercus calophylla, Quercus magnoliifolia, Quercus rugosa* y *Pinus oocarpa* serán consideradas en las labores de rescate de flora, propagación y posterior siembra en las acciones de reforestación.

Tabla 61. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato arbóreo del BPQ

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	25	28	-3	17.82	15.21
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	9	0	9	12.83	0.00
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	13	166	-153	13.73	55.77
Rosaceae	*Crataegus mexicana*	-	3	0	3	4.30	0.00
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	300	141	159	166.23	105.34
Fagaceae	*Quercus calophylla*	-	3	16	-13	4.26	21.11
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	28	0	28	13.83	0.00
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	103	16	87	45.09	9.06
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	9	16	-7	5.70	7.85
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	9	72	-63	16.22	39.71
Pincaceae	*Abies religiosa*	-	0	3	-3	0.00	6.21

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Musaceae	*Ensete ventricosum*	-	0	3	-3	0.00	4.79
Pincaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	91	-91	0.00	29.61
Myrtaceae	*Psidium guajava*	-	0	6	-6	0.00	5.34
			502	**558**			

- Estrato arbustivo

En el SAR, para este estrato la especie con mayor IVI corresponde a *Baccharis conferta*, con un valor de 80.69; otras especies con menor IVI, pero que son importantes en la comunidad vegetal son *Quercus laurina* (43.93) y *Ageratina grandifolia* (27.87). (Tabla 62). En lo que al área de influencia respecta, *Ageratina grandifolia* es la especie con mayor valor de importancia (59.35), misma que se acompaña de otros elementos arbustivos como *Clethra mexicana* con IVI de 40.49, *Quercus rugosa* (30.40), entre otras (Tabla 63).

Tabla 62. Índices obtenidos para las especies arbustivas del BPQ del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	125	6.6667	29.703	75.843	0.3947	0.37
Asteraceae	*Ageretina adenophora*	-	8	6.6667	3.9604	13.259	0.0263	0.1
Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	-	21	6.6667	19.802	33.048	0.0658	0.18
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	92	13.333	21.782	64.063	0.2895	0.36
Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	-	8	13.333	3.9604	19.925	0.0263	0.1
Solanaceae	*Cestrum anagyris*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	4	6.6667	0.9901	8.9726	0.0132	0.06
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	8	6.6667	1.9802	11.278	0.0263	0.1
Fabaceae	*Lupinus aschenbornii*	-	4	6.6667	1.9802	9.9627	0.0132	0.06
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	29	6.6667	6.9307	22.808	0.0921	0.22
Rosaceae	*Prunus capuli*	-	4	6.6667	0.9901	8.9726	0.0132	0.06
Fagaceae	*Quercus crassipes*	-	4	6.6667	3.9604	11.943	0.0132	0.06
			315	**100**	**100**	**300**	**1**	**1.75**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 63. Índices obtenidos para las especies arbustivas del BPQ en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	244	23.08	10.00	26.28	59.35	0.23	0.34
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	41	3.85	2.50	5.03	11.38	0.04	0.13
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	-	38	3.55	2.50	2.79	8.84	0.04	0.12
Scrophulariaceae	*Buddleja parviflora*	-	6	0.59	5.00	0.59	6.18	0.01	0.03

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	13	1.18	7.50	0.65	9.33	0.01	0.05
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	6	0.59	2.50	1.11	4.20	0.01	0.03
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	22	2.07	2.50	1.94	6.51	0.02	0.08
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	194	18.34	5.00	17.15	40.49	0.18	0.31
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	3	0.30	2.50	1.66	4.46	0	0.02
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*	-	9	0.89	2.50	2.49	5.88	0.01	0.04
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	106	10.06	7.50	4.70	22.26	0.1	0.23
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	-	16	1.48	2.50	0.69	4.67	0.01	0.06
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	3	0.30	2.50	0.28	3.07	0	0.02
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*	-	38	3.55	5.00	6.64	15.19	0.04	0.12
Urticaceae	*Phenax hirtus*	-	3	0.30	2.50	0.14	2.93	0	0.02
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	16	1.48	5.00	0.97	7.45	0.01	0.06
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	56	5.33	5.00	4.70	15.03	0.05	0.16
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	9	0.89	2.50	0.50	3.89	0.01	0.04
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	81	7.69	2.50	5.53	15.72	0.08	0.2
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	125	11.83	7.50	11.06	30.40	0.12	0.25
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	-	3	0.30	2.50	0.55	3.35	0	0.02
Symplocaceae	*Symplocos citrea*	-	9	0.89	2.50	0.41	3.80	0.01	0.04
Asteraceae	*Telanthophora andrieuxii*	-	6	0.59	5.00	0.28	5.87	0.01	0.03
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	-	3	0.30	2.50	0.55	3.35	0	0.02
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	6	0.59	2.50	3.32	6.41	0.01	0.03
			1056	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.44**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

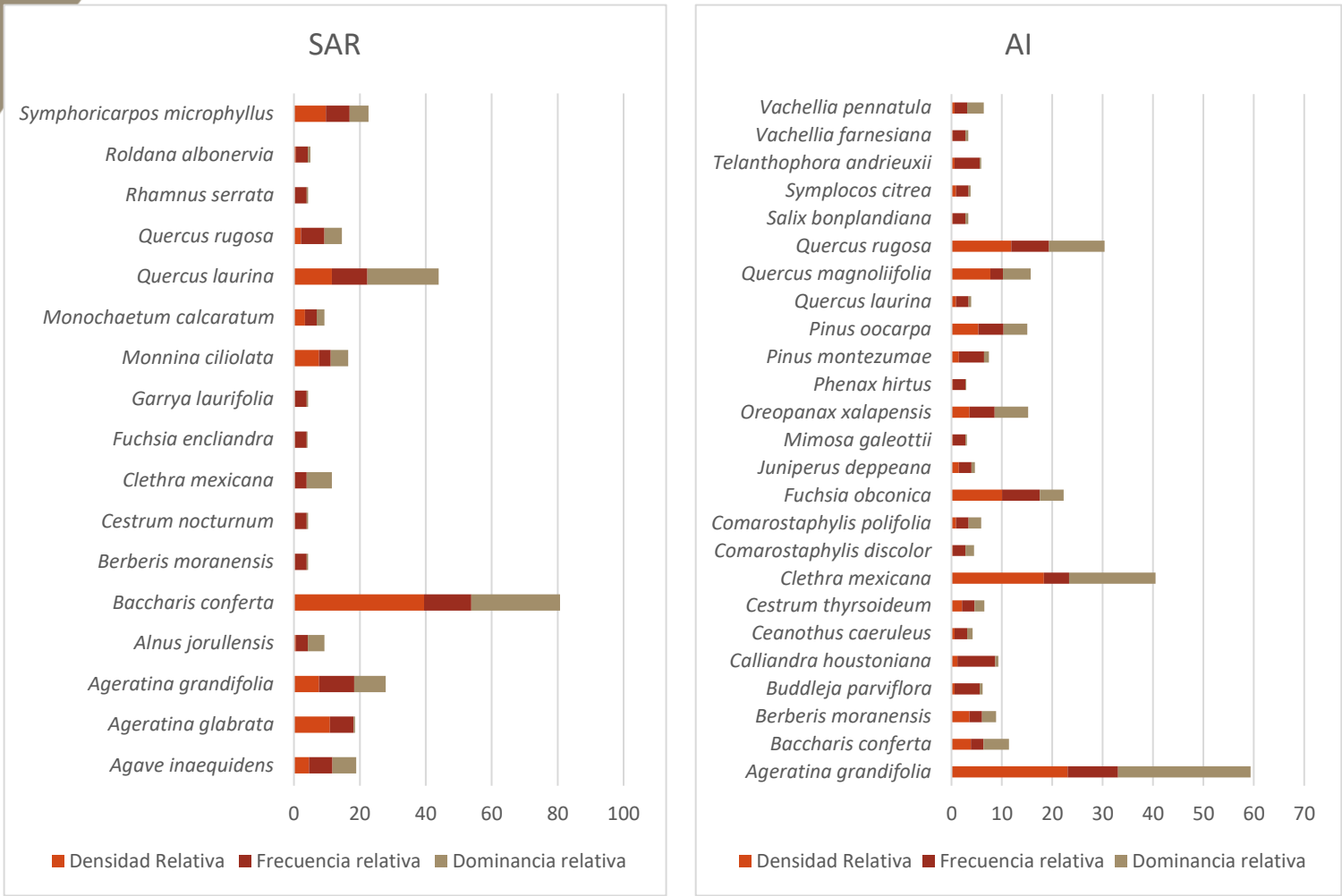


Figura 79. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato arbustivo en el BPQ del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 1.98, mientras que la diversidad máxima esperada es de 2.83, lo que indica que faltan 0.85 puntos para que obtenga su máxima diversidad. Por su parte, en el AI se obtuvo un valor de H´ de 2.44, mientras que la diversidad máxima esperada es de 3.22, por lo que existen 0.78 en lo que a diferencia de diversidad concierne.

Tabla 64. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato arbustivo para el bosque de pino-encino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	17.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	1.98
Diversidad máxima (H max)	2.83
Equidad (J)	0.70
Diferencia diversidad	0.85

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	25.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.44
Diversidad máxima (H max)	3.22
Equidad (J)	0.76
Diferencia diversidad	0.78

El bosque de pino-encino sigue la tendencia del bosque de pino en lo que respecta a la abundancia del estrato arbustivo en zonas menos conservadas. Así, la riqueza es mayor en el AI, mientras que la abundancia no presenta diferencias significativas. La composición de especies con diferencias negativas, es decir que se registraron en el AI y no en el SAR, incluye a *Buddleja parviflora*, elemento que se desarrolla preferentemente en sitios perturbados derivados de bosque de Abies, bosque de pino, bosque de pino y encino; *Calliandra houstoniana* que crece en las orillas de parcelas o terrenos abandonados; *Ceanothus caeruleus* que habita comúnmente en vegetación secundaria; *Cestrum thyrsoideum* asociada a terrenos de agricultura de riego, de temporada y vegetación secundaria de bosque mixto de pino-encino; *Mimosa galetottii* que se ve favorecida por entornos soleados; *Phenax hirtus* que se encuentra en laderas, áreas ruderales y ecosistemas perturbados, *Vachellia farnesiana*, que se desarrolla a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales), sitios ruderales, entre otras.

Comarostaphylis discolor se encuentra bajo estatus de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, se encuentra poco representada en el AI y será considerada en las labores de rescate de flora.

El resto de las especies con diferencias negativas, considerando que éstas sean adecuadas de acuerdo a la sucesión ecológica y nativas de los sitios a reforestar, serán rescatadas y propagadas, con la finalidad de no afectar sus poblaciones y mitigar los impactos generados por su afectación.

Tabla 65. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato arbustivo del BPQ

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Asparagaceae	*Agave inaequidens*	-	47	0	47	18.92	0.00
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	113	0	113	18.51	0.00
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	78	244	-166	27.87	59.35
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	-	6	0	6	9.28	0.00
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	406	41	365	80.69	11.38
Berberidaceae	*Berberis moranensis*	-	3	38	-35	4.30	0.00
Solanaceae	*Cestrum nocturnum*	-	3	0	3	4.30	8.84
Clethraceae	*Clethra mexicana*	-	3	194	-191	11.52	40.49
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	-	3	0	3	4.09	0.00
Garriaceae	*Garrya laurifolia*	-	3	0	3	4.30	0.00
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	-	78	0	78	16.48	0.00
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	-	34	0	34	9.25	0.00
Fagaceae	*Quercus laurina*	-	119	9	110	43.93	3.89
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	22	125	-103	14.58	30.40
Rhamnaceae	*Rhamnus serrata*	-	3	0	3	4.30	0.00
Asteraceae	*Roldana albonervia*	-	6	0	6	5.03	0.00
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	-	100	0	100	22.65	0.00
Scrophulariaceae	*Buddleja parviflora*	-	0	6	-6	0.00	6.18
Fabaceae	*Calliandra houstoniana*	-	0	13	-13	0.00	9.33

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	-	0	6	-6	0.00	4.20
Solanaceae	*Cestrum thyrsoideum*	-	0	22	-22	0.00	6.51
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*	Pr	0	3	-3	0.00	4.46
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*	-	0	9	-9	0.00	5.88
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	0	106	-106	0.00	22.26
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*	-	0	16	-16	0.00	4.67
Fabaceae	*Mimosa galeottii*	-	0	3	-3	0.00	3.07
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*	-	0	38	-38	0.00	15.19
Urticaceae	*Phenax hirtus*	-	0	3	-3	0.00	2.93
Pinaceae	*Pinus montezumae*	-	0	16	-16	0.00	7.45
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	-	0	56	-56	0.00	15.03
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*	-	0	81	-81	0.00	15.72
Salicaceae	*Salix bonplandiana*	-	0	3	-3	0.00	3.35
Symplocaceae	*Symplocos citrea*	-	0	9	-9	0.00	3.80
Asteraceae	*Telanthophora andrieuxii*	-	0	6	-6	0.00	5.87
Fabaceae	*Vachellia farnesiana*	-	0	3	-3	0.00	3.35
Fabaceae	*Vachellia pennatula*	-	0	6	-6	0.00	6.41
			1027	**1056**			

- Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo del SAR especies como *Lopezia racemosa* (IVI de 28.05), *Tradescantia zebrina* (28.05), *Trifolium repens* (26.04) y *Bidens ostruthioides* (25.62) son las mas representativas de la comunidad vegetal (Tabla 66). En tanto, en el área de influencia, predominan *Bidens ostruthioides* (IVI de 46.97), *Solanum appendiculatum* (30.41), *Tradescantia commelinoides* (26.18), y *Adiantum andicola* (23.33), principalmente (Tabla 67).

Tabla 66. Índices obtenidos para las especies herbáceas del BPQ del SAR

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	5000	6.78	6.67	2.11	15.55	0.07	0.18
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	8750	11.86	10.00	3.76	25.62	0.12	0.25
Alstroemiriaceae	*Bomarea edulis*	-	2500	3.39	3.33	0.86	7.58	0.03	0.11
Asteraceae	*Cirsium ehrenbergii*	-	1250	1.69	3.33	0.54	5.56	0.02	0.07
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	1250	1.69	3.33	2.50	7.53	0.02	0.07
Rosaceae	*Fragaria vesca*	-	1250	1.69	3.33	0.48	5.50	0.02	0.07
Geraniaceae	*Geranium deltoideum*	-	1250	1.69	3.33	0.24	5.27	0.02	0.07
Geraniaceae	*Geranium seemannii*	-	2500	3.39	3.33	7.50	14.22	0.03	0.11
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	-	2500	3.39	3.33	1.64	8.37	0.03	0.11
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	3750	5.08	3.33	19.63	28.05	0.05	0.15

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	-	2500	3.39	3.33	7.50	14.22	0.03	0.11
Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus*	-	2500	3.39	6.67	1.07	11.13	0.03	0.11
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	5000	6.78	3.33	1.71	11.83	0.07	0.18
Piperaceae	*Peperomia bracteata*	-	1250	1.69	3.33	2.67	7.69	0.02	0.07
Lamiaceae	*Prunella vulgaris*	-	1250	1.69	3.33	0.21	5.24	0.02	0.07
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	1250	1.69	3.33	0.24	5.27	0.02	0.07
Lamiaceae	*Salvia iodantha*	-	1250	1.69	3.33	0.54	5.56	0.02	0.07
Sigesbeckia	*Sigesbeckia jorullensis*	-	2500	3.39	3.33	1.14	7.87	0.03	0.11
Iridaceae	*Sisyrinchium tenuifolium*	-	1250	1.69	3.33	0.24	5.27	0.02	0.07
Lamiaceae	*Stachys eriantha*	-	6250	8.47	3.33	12.49	24.30	0.08	0.21
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	7500	10.17	6.67	1.89	18.73	0.1	0.23
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	-	1250	1.69	3.33	0.54	5.56	0.02	0.07
Commelinaceae	*Tradescantia zebrina*	-	3750	5.08	3.33	19.63	28.05	0.05	0.15
Fabaceae	*Trifolium repens*	-	6250	8.47	6.67	10.90	26.04	0.08	0.21
			73750	**100**	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.95**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

Tabla 67. Índices obtenidos para las especies herbáceas del BPQ en el AI

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	**2500**	3.77	4.35	15.21	23.33	0.04	0.12
Pteridaceae	*Adiantum patens*	-	1250	1.89	4.35	0.97	7.20	0.02	0.07
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	1250	1.89	4.35	0.48	6.72	0.02	0.07
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	2500	3.77	4.35	3.33	11.45	0.04	0.12
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	1250	1.89	4.35	0.87	7.10	0.02	0.07
Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	-	2500	3.77	4.35	0.87	8.99	0.04	0.12
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	-	1250	1.89	4.35	0.97	7.20	0.02	0.07
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	15000	22.64	4.35	19.99	46.97	0.23	0.34
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	2500	3.77	4.35	10.14	18.26	0.04	0.12
Fagaceae	*Cologania broussonetii*	-	1250	1.89	4.35	5.41	11.64	0.02	0.07
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	2500	3.77	4.35	10.14	18.26	0.04	0.12
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	1250	1.89	4.35	1.16	7.39	0.02	0.07
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	1250	1.89	4.35	1.09	7.32	0.02	0.07
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	1250	1.89	4.35	0.48	6.72	0.02	0.07
Fabaceae	*Macroptilium gibbosifolium*	-	1250	1.89	4.35	1.09	7.32	0.02	0.07
Asparagaceae	*Maianthemum scilloideum*	-	1250	1.89	4.35	1.16	7.39	0.02	0.07
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	6250	9.43	8.70	5.00	23.13	0.09	0.22
Asteraceae	*Psacalium peltatum*	-	2500	3.77	4.35	2.17	10.29	0.04	0.12
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	1250	1.89	4.35	0.48	6.72	0.02	0.07

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab*ha	Ar(%)	Fr(%)	Dr(%)	IVI	Pi	H´
Solanaceae	*Solanum appendiculatum*	-	13750	20.75	4.35	5.31	30.41	0.21	0.33
Commelinacea	*Tradescantia commelinoides*	-	2500	3.77	8.70	13.71	26.18	0.04	0.12
				100	**100**	**100**	**300**	**1**	**2.58**

*A*Ha: Abundancia por hectárea, Ar: Abundancia o densidad relativa, Fr: Frecuencia relativa, Dr: Dominancia relativa, IVI: Índice de Valor de Importancia, pi: abundancia relativa de la especie "i", H': Índice de diversidad Shannon-Wiener*

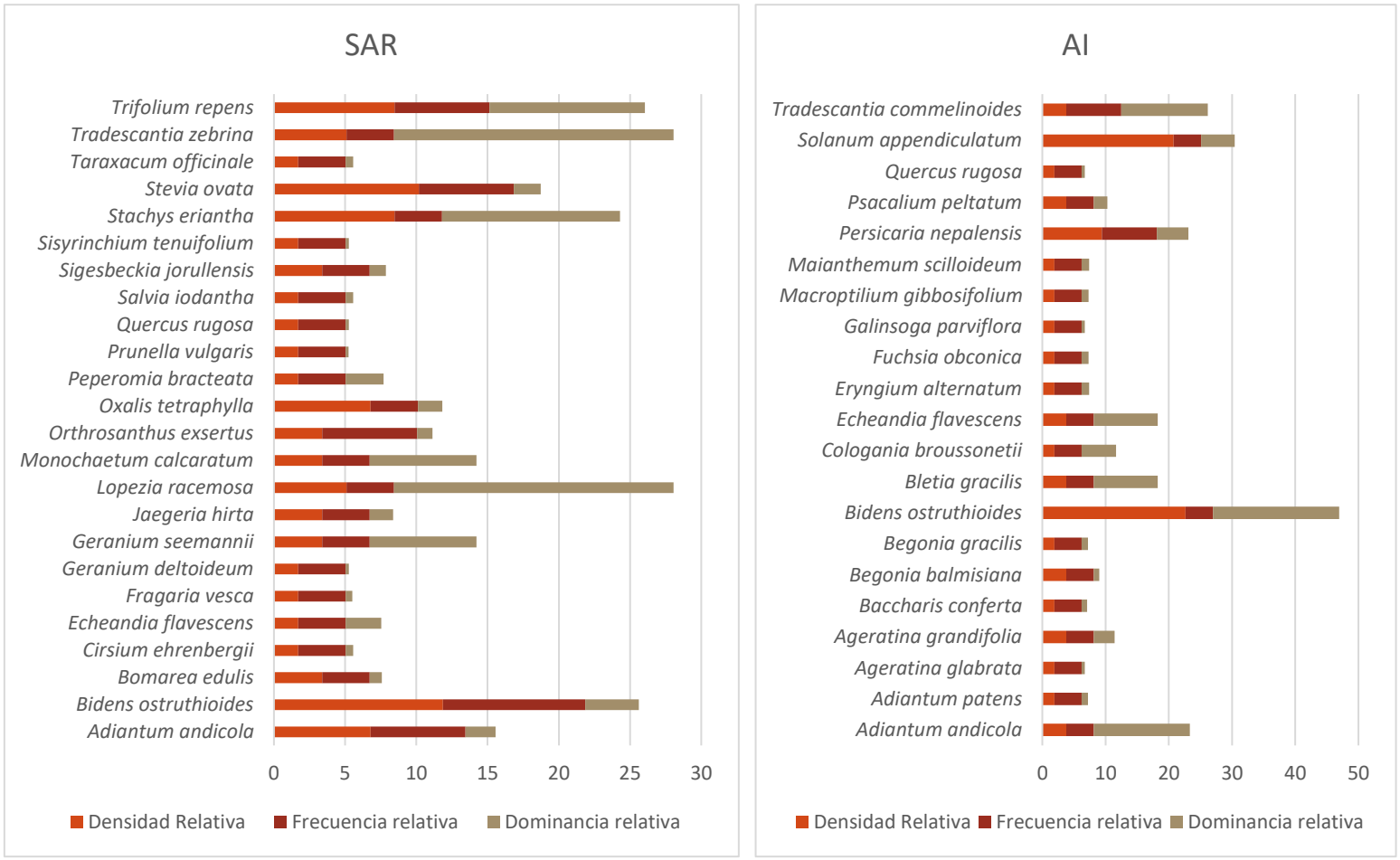


Figura 80. Comparación de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de las especies del estrato herbáceo en el BPQ del SAR y AI

En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el SAR el valor es de 2.95, con una riqueza de 24 especies, mientras que en el AI la diversidad es de 2.58, con una riqueza de 21 especies., tal como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 68. Resumen del índice de Shannon-Wiener del estrato herbáceo para el bosque de pino-encino en el SAR y AI

Índice de Shannon-Wiener SAR	
Riqueza específica (S)	24.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.95
Diversidad máxima (H max)	3.18
Equidad (J)	0.93
Diferencia diversidad	0.23

Índice de Shannon-Wiener AI	
Riqueza específica (S)	21.00
Índice de Shannon-Weiner (H)	2.58
Diversidad máxima (H max)	3.04
Equidad (J)	0.85
Diferencia diversidad	0.47

Para el estrato herbáceo del bosque de pino-encino, no existen diferencias significativas en lo que a riqueza y diversidad de especies refiere. Aun así, entre las medidas de mitigación se considera efectuar el rescate de suelo orgánico de toda el área de afectación, el cual será distribuido de manera uniforme en la superficie que será reforestada. Dicho suelo además de que adicionará materia orgánica, potencialmente contendrá germoplasma (frutos y semillas) de las especies herbáceas que se registraron en la superficie del AI, las cuales de acuerdo a la comparativa de la densidad de individuos encontrados en el SAR y en la superficie del AI, resultaron con diferencias negativas (Figura 80). Por lo que, con la aplicación de dicha medida, se esperar asegurar la permanencia en el ecosistema de estas especies herbáceas, disminuyendo con ello la afectación derivada de la construcción del proyecto y manteniendo la diversidad del sitio.

Tabla 69. Comparativa de la abundancia e IVI del estrato herbáceo del BPQ

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Pteridaceae	*Adiantum andicola*	-	5000	2500	2500	15.55	23.33
Asteraceae	*Bidens ostruthioides*	-	8750	15000	-6250	25.62	46.97
Alstroemiriaceae	*Bomarea edulis*	-	2500	0	2500	7.58	0.00
Asteraceae	*Cirsium ehrenbergii*	-	1250	0	1250	5.56	0.00
Asparagaceae	*Echeandia flavescens*	-	1250	2500	-1250	7.53	18.26
Rosaceae	*Fragaria vesca*	-	1250	0	1250	5.50	0.00
Geraniaceae	*Geranium deltoideum*	-	1250	0	1250	5.27	0.00
Geraniaceae	*Geranium seemannii*	-	2500	0	2500	14.22	0.00
Asteraceae	*Jaegeria hirta*	-	2500	0	2500	8.37	0.00
Onagraceae	*Lopezia racemosa*	-	3750	0	3750	28.05	0.00
Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	-	2500	0	2500	14.22	0.00
Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus*	-	2500	0	2500	11.13	0.00
Oxalidaceae	*Oxalis tetraphylla*	-	5000	0	5000	11.83	0.00
Piperaceae	*Peperomia bracteata*	-	1250	0	1250	7.69	0.00
Lamiaceae	*Prunella vulgaris*	-	1250	0	1250	5.24	0.00
Fagaceae	*Quercus rugosa*	-	1250	1250	0	5.27	6.72
Lamiaceae	*Salvia iodantha*	-	1250	0	1250	5.56	0.00

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOM-059	Ab* Ha SAR	Ab* Ha AI	Diferencia	IVI SAR	IVI AI
Sigesbeckia	*Sigesbeckia jorullensis*	-	2500	0	2500	7.87	0.00
Iridaceae	*Sisyrinchium tenuifolium*	-	1250	0	1250	5.27	0.00
Lamiaceae	*Stachys eriantha*	-	6250	0	6250	24.30	0.00
Asteraceae	*Stevia ovata*	-	7500	0	7500	18.73	0.00
Asteraceae	*Taraxacum officinale*	-	1250	0	1250	5.56	0.00
Commelinaceae	*Tradescantia zebrina*	-	3750	0	3750	28.05	0.00
Fabaceae	*Trifolium repens*	-	6250	0	6250	26.04	0.00
Pteridaceae	*Adiantum patens*	-	0	1250	-1250	0.00	7.20
Asteraceae	*Ageratina glabrata*	-	0	1250	-1250	0.00	6.72
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*	-	0	2500	-2500	0.00	11.45
Asteraceae	*Baccharis conferta*	-	0	1250	-1250	0.00	7.10
Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	-	0	2500	-2500	0.00	8.99
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	-	0	1250	-1250	0.00	7.20
Orchidaceae	*Bletia gracilis*	-	0	2500	-2500	0.00	18.26
Fagaceae	*Cologania broussonetii*	-	0	1250	-1250	0.00	11.64
Asteraceae	*Eryngium alternatum*	-	0	1250	-1250	0.00	7.39
Onagraceae	*Fuchsia obconica*	-	0	1250	-1250	0.00	7.32
Asteraceae	*Galinsoga parviflora*	-	0	1250	-1250	0.00	6.72
Fabaceae	*Macroptilium gibbosifolium*	-	0	1250	-1250	0.00	7.32
Asparagaceae	*Maianthemum scilloideum*	-	0	1250	-1250	0.00	7.39
Polygonaceae	*Persicaria nepalensis*	-	0	6250	-6250	0.00	23.13
Asteraceae	*Psacalium peltatum*	-	0	2500	-2500	0.00	10.29
Solanaceae	*Solanum appendiculatum*	-	0	13750	-13750	0.00	30.41
Commelinacea	*Tradescantia commelinoides*	-	0	2500	-2500	0.00	26.18
			73750	**66250**			

IV.2.2.2.1.7 Intensidad de muestreo

Se elaboró una curva de acumulación de especies con la finalidad de proporcionar una prueba fiable de que el muestreo realizado es representativo. Las curvas de acumulación muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota (Escalante, 2003).

Sin embargo, cuando se evalúa una población en los procesos de muestreo el promedio se estima y, por ello, tiene implícito un error que se expresa a partir del intervalo de confianza. La ventaja de utilizar intervalos de confianza es que plantean pruebas estadísticas con una confiabilidad del 95% y, por lo tanto, determinar si existen diferencias entre la muestra obtenida y el valor estadístico esperado (Escalante, 2003).

Para los cálculos y el posterior análisis estadístico tanto de la curva de acumulación como de los intervalos de confianza, se utilizó el software EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013); este programa proporciona las estimaciones esperadas en comparación con el registro encontrado en la muestra, es decir, utiliza los datos provenientes de un sistema de muestreo estandarizado (en este caso dirigido), aleatoriza toda la información y realiza los cálculos del número de especies observado y esperado, utilizando estimadores conocidos (Chao 1, Chaos 2, Jacknife, Bootstrap) considerando las desviaciones estándar, es decir el error estándar. Así pues, EstimateS arroja estimadores (especies esperadas) que se basan principalmente en la abundancia o en la presencia-ausencia de especies (Colwell, 2004).

En dicho contexto, se empleó el modelo no paramétrico Chao1, el cual está basado en la abundancia. Esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra (Escalante, 2003).

Como sabemos, hay muchas especies que sólo están representadas por pocos individuos en una muestra (especies raras), comparadas con las especies comunes, que pueden estar representadas por numerosos individuos. El estimador de Chao1 se basa en la presencia de las primeras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra (singletons), y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos (doubletons): Sest= Sobs+F2 /2G, donde: Sest es el número de clases (en este caso, número de especies) que deseamos conocer, Sobs es el número de especies observado en una muestra, F es el número de singletons y G es el número de doubletons.

Una vez obtenido el estimador, se comparó con la curva de acumulación que se generó para el ecosistema muestreado para este estudio; posteriormente se realizó un modelo estadístico no paramétrico que estimó los valores máximos de riqueza en relación con las muestras levantadas dentro del área de estudio (Gallina, 2011).

Resultados:

Dentro de los ecosistemas evaluados, el esfuerzo de muestreo fue de 28 sitios para una superficie total de 1.1 ha. De acuerdo a la curva de acumulación de especies que se muestra en la Figura 81 se puede observar que para el estimador Chao 1 se esperarían encontrar un total de 126 especies en el mismo número de sitios para el SAR, mientras que en el estudio se registraron 100 especies, por lo que faltarían 26 especies por registrar.

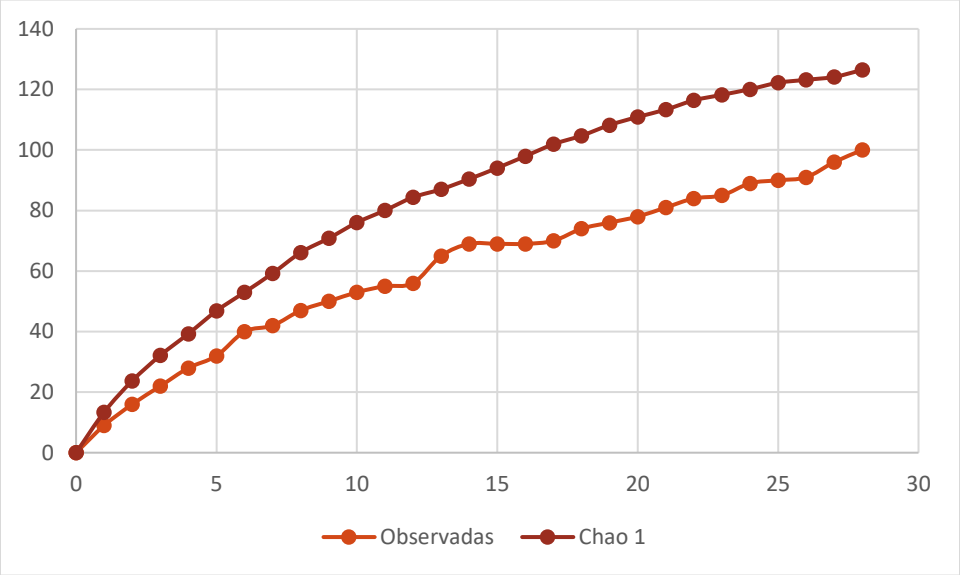


Figura 81. Curva de acumulación de especies para el SAR

La riqueza de plantas seguramente podría aumentar simplemente con abrir el muestreo a las zonas menos exploradas (por inaccesibles) en el SAR, o bien, aumentaría significativamente si se incluyese vegetación en el SAR, que no se distribuye en la superficie de afectación (LC), y que por tanto no fueron muestreadas durante los trabajos de campo, como el bosque mesófilo de montaña, el cual se caracteriza por alberga una gran riqueza de especies por unidad de área.

En ello tambien influye le hecho de que la flora de alta montaña es resultado de diferentes tiempos y espacios de origen, mecanismos de dispersión y de sus propias adaptaciones paleoecológicas (De Luna, 1985; Rzedowski, 1991). Asi como, por las condiciones físicas sumamente restrictivas. Todo esto da como resultado que tengan una riqueza relativamente baja en comparación a otros tipos de vegetación más termófilos (McDonald et al., 2011).

La baja diversidad de especies leñosas se relaciona en estos casos con las condiciones de la altitud y la humedad del área que impone severas condiciones a la sobrevivencia de la mayoría de las especies. Por lo que, de acuerdo a ello, en el SAR, la riqueza de especies leñosas se restringe a algunas especies que fungen como taxones que se presentan de manera abundante y dominante, que constituyen bosques en algunos casos monoespecíficos, y que si bien se encuentran representados en las comunidades secundarias que se distribuyen en la superficie de CUSTF, las especies que resultarán afectadas se encuentran bien representadas en la superficie del SAR, y por ende, no se pondrá en riesgo la estructura de los ecosistemas.

Por otro lado, se determinó la intensidad o fracción de muestreo, la cual corresponde a la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, y se calcula por medio de la fórmula siguiente.

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

Dónde:

IM= Intensidad de muestreo

n= Número de unidades de la muestra

N = Número de unidades de toda la población

Generalmente en los inventarios forestales se utilizan intensidades de muestreo del orden del 1%, **0.5%** y 0.1% dependiendo de la superficie por inventariar, factores económicos, entre otros (Romahn y Ramírez, 2010). Para este estudio se obtuvo una intensidad de **0.6%,** con un esfuerzo de muestreo de 14 sitios para la superficie de CUSTF y una superficie total muestreada en la superficie de afectación de 0.5 hectáreas, dentro de las 76.32 hectáreas de vegetación forestal que se solicitan para el cambio de uso de suelo, además de las 0.5 hectáreas muestreadas en el SAR, por lo que de acuerdo a lo antes mencionado se considera que tanto la intensidad como el esfuerzo son suficientes.

IV.2.2.2.2 Fauna

Debido a las variaciones altitudinales que se presentan en el Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec y a que se localiza dentro de la zona de transición entre las regiones zoogeográficas Neártica y Neotropical, se encuentran una gran variedad de vertebrados terrestres que van desde aquellos que viven en zacatonales y páramos de altura, hasta los que están adaptados a zonas tropicales o subtropicales. Por otra parte, también se presentan algunas especies con amplios rangos de tolerancia ecológica que se distribuyen en toda el área natural protegida, en contraste con las especies endémicas cuya distribución es más limitada (CONANP, 2018).

La ornitofauna en el Área de Protección de Recursos Naturales corresponde a 309 especies distribuidas en 48 familias, de las cuales 27 se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; bajo la categoría de Amenazada (A) se encuentran 9 especies, como sujetas a protección especial (Pr) están consideradas 14, y bajo la categoría de en peligro de extinción (P) están consideradas 4 especies (CONANP, 2018).

En el caso de los anfibios dentro del Área Protección de Recursos Naturales se han registrado 33 especies y 16 de estas se consideran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como Amenazadas (A) se encuentran 7 especies y como sujetas a protección especial (Pr) están consideradas 9 especies (CONANP, 2018).

La riqueza de reptiles en el Área de Protección de Recursos Naturales está conformada por 44 especies pertenecientes a 14 familias, de los reptiles registrados 21 se encuentran listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 10 se encuentran amenazados (A), 10 sujetos a protección especial (Pr) y 1 en peligro de extinción (P) (CONANP, 2018).

Del grupo de los mamíferos dentro del Área de Protección se tienen registradas 78 especies pertenecientes a 19 familias, de las cuales 8 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, 6 se consideran Amenazadas (A) y 3 sujetas a protección especial (Pr) de acuerdo a dicha norma (CONANP, 2018).

El Área de Protección de Recursos Naturales, se constituye como un sitio clave para garantizar el abasto de agua a la población de la Zona Metropolitana del Valle de México y de Toluca y su zona conurbada, que en conjunto cuentan con una población de más de 20 millones de habitantes en 2014, sus presas y ríos forman parte del Sistema Cutzamala que es conocido como "La llave del agua del Valle de México" (CONAGUA, 2015).

Así mismo resalta su importancia al ser parte del corredor biológico del Eje Neovolcánico Transversal, que une a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y los Parques Nacionales Iztaccíhuatl – Popocatépetl y la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, constituyendo un área de conectividad ecológica que promueve buenas prácticas de manejo en sitios aledaños de hibernación de la mariposa monarca.

El Área de Recursos Naturales es considerada un sitio prioritario por su cercanía con los centros urbanos más importantes del centro del país, por los servicios ambientales que brinda y por su función al ubicarse en la parte central del corredor ecológico formado por las tres Área Natural Protegidas que se localizan a sus alrededores como lo son la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, el Parque Nacional Bosencheve y el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca que en conjunto abarcan una extensión de 261,108.168208 hectáreas y son el puente de conexión entre el Eje Neovolcánico con las provincias bióticas Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental y Altiplano Mexicano (Desierto Chihuahuense) lo que permite el flujo genético de una gran diversidad de especies de flora y fauna (CONANP, 2018).

- **Registros históricos**

Debido a la importancia que tiene el área es trascendental conocer a las especies que se distribuyen en el área del proyecto, por lo que resulta importante contar con listas de probable ocurrencia, así como conocer los registros que se han realizado en el área, de esta forma se pueden considerar especies que no hayan sido registradas durante los muestreos.
Por lo cual, para conocer los registros históricos dentro del SAR se consultó la base de datos de GBIF (Global Biodiversity Information Facility); solo se consideraron los registros identificados a nivel de especie a partir de 2000 a la fecha, también se eliminaron sinonimias, así como registros que se encontraran mal determinados taxonómicamente y que por lo tanto no se distribuyen en el área.
Se obtuvieron un total de 7845 registros pertenecientes a 243 especies de vertebrados (Figura 82; Figura 83), de los cuales las aves son el grupo con mayor número de especies y registros históricos dentro del SAR, los reptiles con 15 especies y 46 registros son el segundo grupo con mayor registros y especies, seguido de los mamíferos con 10 especies y 17 registros, mientras que de los anfibios solo se tiene el registro de 7 especies (Figura 82).

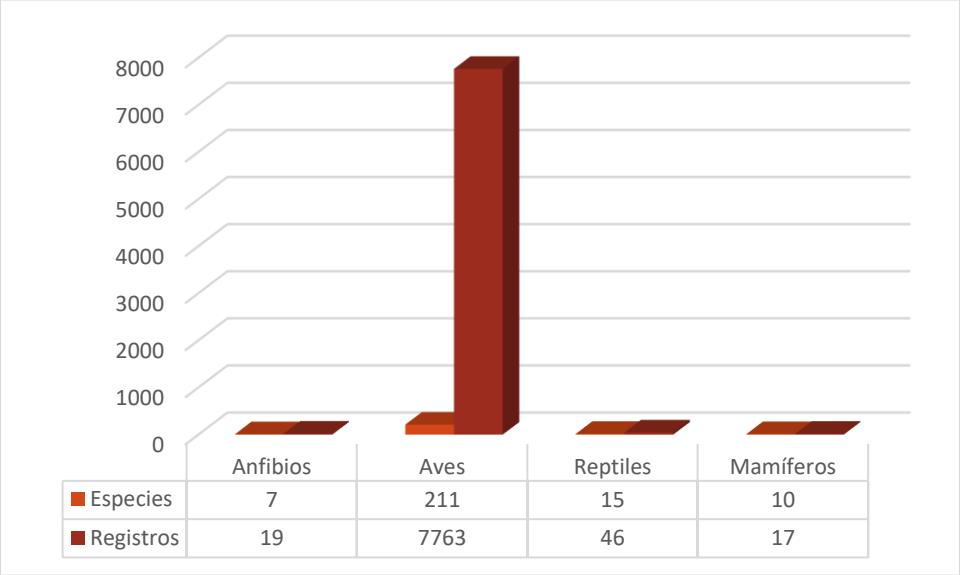


Figura 82. Número de especies y registros históricos en el SAR.

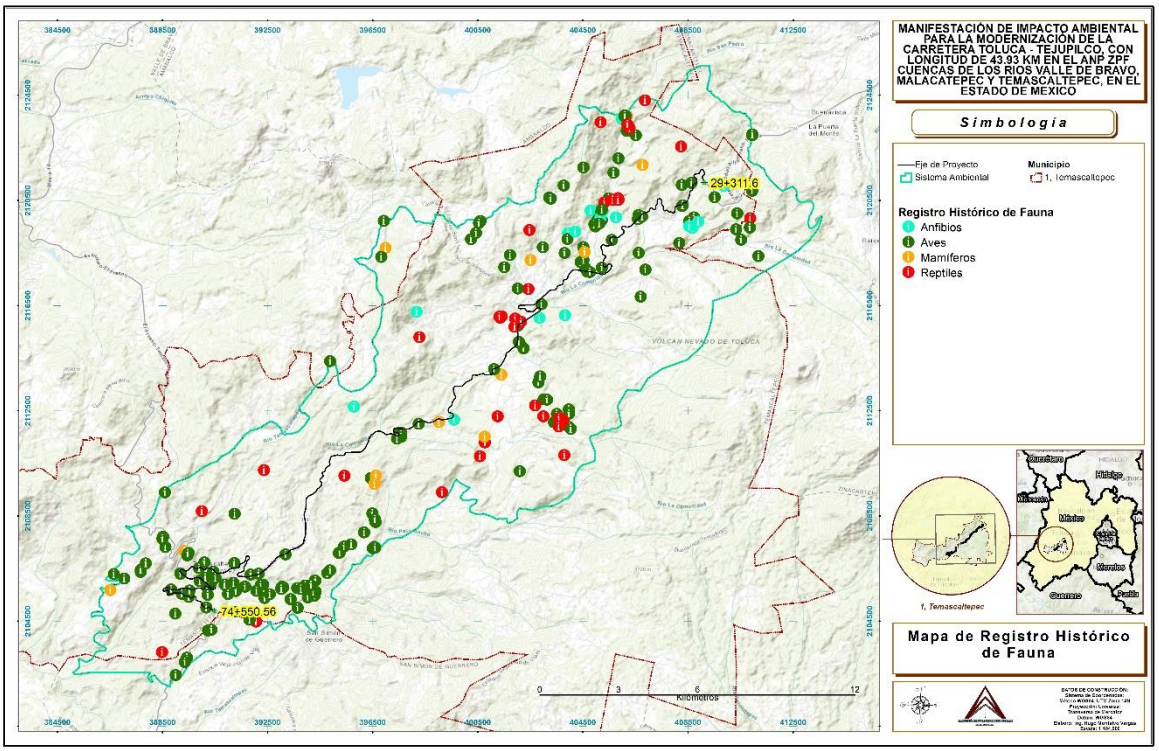


Figura 83. Ubicación de los registros históricos dentro del SAR.

De las especies registradas históricamente en el SAR solo el 14% se encuentran consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que el 86% de las especies no presenta problemas de conservación de acuerdo a dicha norma (Figura 84).

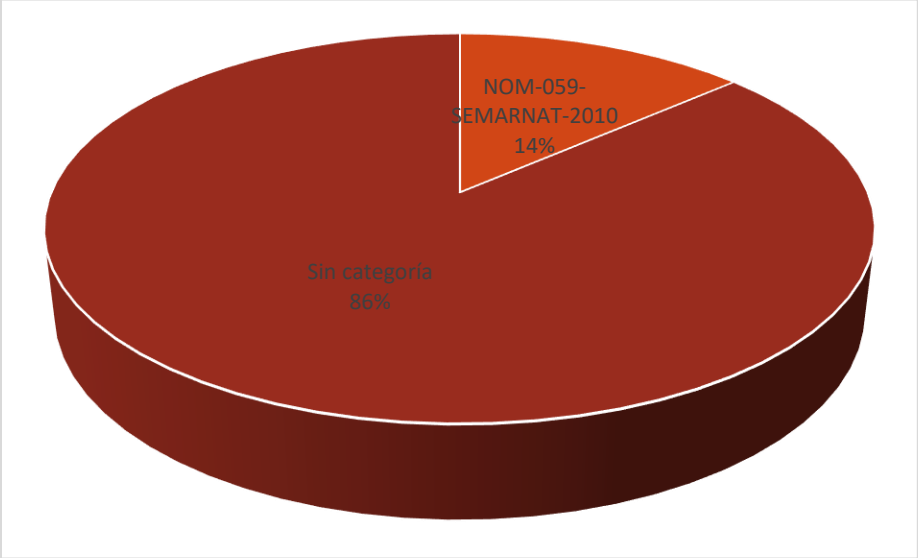
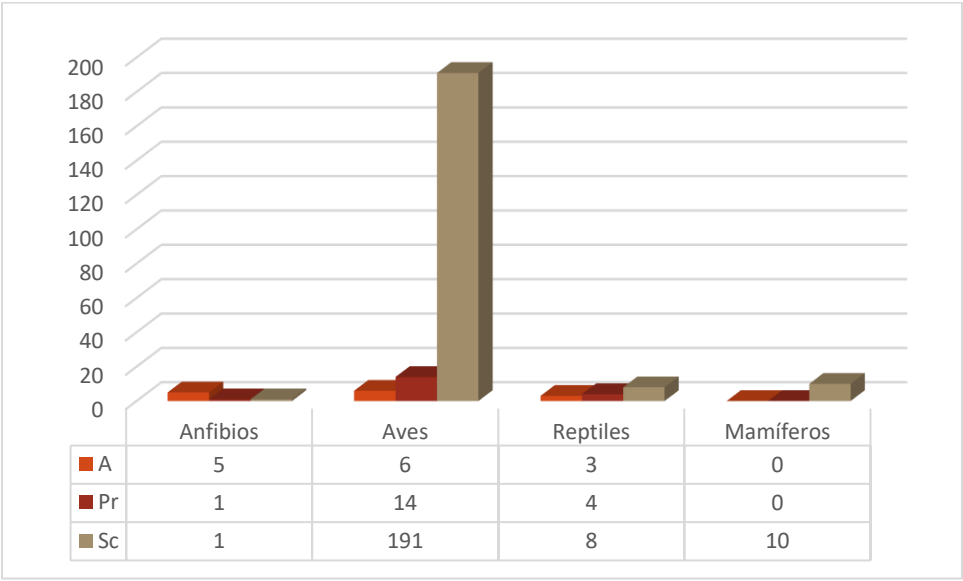


Figura 84. Porcentaje de especies registradas históricamente en el SAR que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Las aves son el grupo con el mayor número de especies consideradas bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 con 20 especies, de las cuales 14 se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y 6 amenazadas (A), los reptiles son el segundo grupo con más especies protegidas con 7, 4 sujetas a protección especial (Pr) y 3 amenazadas (A), del grupo de los anfibios 5 especies se encuentran amenazadas (A) y 1 sujeta a protección especial (Pr), del grupo de los mamíferos ninguna especie se encuentra listada en dicha norma, con 19 especies sujetas a protección especial es la categoría con el mayor número de especies, mientras que como amenazada se encuentran 14 (Figura 85; Tabla 70).



	Anfibios	Aves	Reptiles	Mamíferos
A	5	6	3	0
Pr	1	14	4	0
Sc	1	191	8	10

Figura 85. Número de especies por categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 70. Especies registradas históricamente que se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios	*Ambystoma bombypellum*	Ajolote de piel fina	Pr
Anfibios	*Ambystoma rivulare*	Ajolote arroyero de Toluca	A
Anfibios	*Aquiloeurycea cephalica*	Tlaconete regordete	A
Anfibios	*Hyla plicata*	Rana de árbol plegada	A
Anfibios	*Isthmura bellii*	Tlaconete pinto	A
Anfibios	*Pseudoeurycea robertsi*	Tlaconete de Roberts	A
Aves	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho canela	Pr
Aves	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr
Aves	*Buteo platypterus*	Aguililla alas anchas	Pr
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Pr
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla negra menor	Pr
Aves	*Catharus frantzii*	Zorzal de Frantzius	A
Aves	*Cinclus mexicanus*	Mirlo acuático Norteamericano	Pr
Aves	*Cypseloides storeri*	Vencejo carablanca	Pr
Aves	*Dendrortyx macroura*	Codorniz coluda Transvolcánica	A
Aves	*Dryobates stricklandi*	Carpintero Transvolcánico	A
Aves	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	Pr
Aves	*Geothlypis tolmiei*	Chipe lores negros	A
Aves	*Myadestes occidentalis*	Clarín jilguero	Pr
Aves	*Panyptila sanctihieronymi*	Vencejo tijereta mayor	Pr
Aves	*Passerina ciris*	Colorín siete colores	Pr
Aves	*Ridgwayia pinicola*	Mirlo Azteca	Pr
Aves	*Streptoprocne semicollaris*	Vencejo nuca blanca	Pr
Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	Pr
Aves	*Tilmatura dupontii*	Colibrí cola pinta	A
Aves	*Vireo brevipennis*	Vireo pizarra	A
Reptiles	*Abronia deppii*	Dragoncito del Eje Neovolcánico	A
Reptiles	*Barisia imbricata*	Lagartija alicante Neovolcánico	Pr
Reptiles	*Conopsis biserialis*	Culebra terrestre dos líneas	A
Reptiles	*Kinosternon hirtipes*	Tortuga casquito de pata rugosa	Pr
Reptiles	*Phrynosoma orbiculare*	Camaleón de montaña	A
Reptiles	*Plestiodon copei*	Eslizón chato de las montañas	Pr
Reptiles	*Sceloporus grammicus*	Lagartija espinosa de mezquite	Pr

σ Registro de especies

Dentro de los estudios ecológicos existe gran cantidad de técnicas de muestreo, unas son de aplicación general y funcionan para distintos grupos faunísticos, otras son exclusivas para un grupo o especie en particular. Para el presente estudio se realizó un muestreo que se llevó a cabo en el mes de octubre con una duración de 8 días (13 al 20 de octubre del 2025) durante el cual se utilizaron las técnicas que son frecuentemente las más utilizadas no solo porque son estandarizadas, sino porque son flexibles y pueden adaptarse a la topografía y logística de cualquier área (Muñoz-Alonso, 2010).

Anfibios y reptiles

Para el registro de las especies herpetozoos se realizaron búsquedas intensivas durante las cuales se revisaron todos aquellos microhabitats con posibilidades de albergar algún organismo (Eliosa-León y Castillo-Salazar, 2006), por lo que se examinaron huecos en los árboles y el suelo, se removieron troncos muertos, rocas, así como hojarasca, también se puso especial atención en los cuerpos de agua (Figura 86).



Figura 86. Búsqueda de anfibios y reptiles en el SAR y área del proyeto.

Para obtener la abundancia se tomó en cuenta la totalidad de los organismos capturados, así como las observaciones realizadas. Para ello se emplearon los parámetros usados por Vargas-Santamaría y Flores-Villela (2006).

- 1-2 rara
- 3-5 moderadamente abundante
- 6 o más, abundante

Aves

El registro de las especies de aves se realizó mediante puntos de conteo (Figura 87), los cuales consisten en permanecer fijo durante un intervalo de tiempo establecido (el cual fue de 20 minutos por punto) y se cuentan a todas las aves detectadas, este método es el más común para obtener información sobre composición, abundancia relativa y densidad de las especies

detectadas de forma visual (Rangel-Salazar y Pineda-Diez de Bonilla, 2010). Sin embargo, también se realizaron registros oportunistas durante el registro de las especies de anfibios, reptiles y de mamíferos.

Esta actividad se realizó durante la mañana y por la tarde, ya que la mejor hora del día para llevar a cabo un censo es durante las mañanas debido a que las aves se encuentran más activas. Generalmente la actividad de este grupo ocurre desde el amanecer hasta aproximadamente las 11 de la mañana y baja al medio día, pero se vuelve a incrementar al atardecer (González-García, 2014).

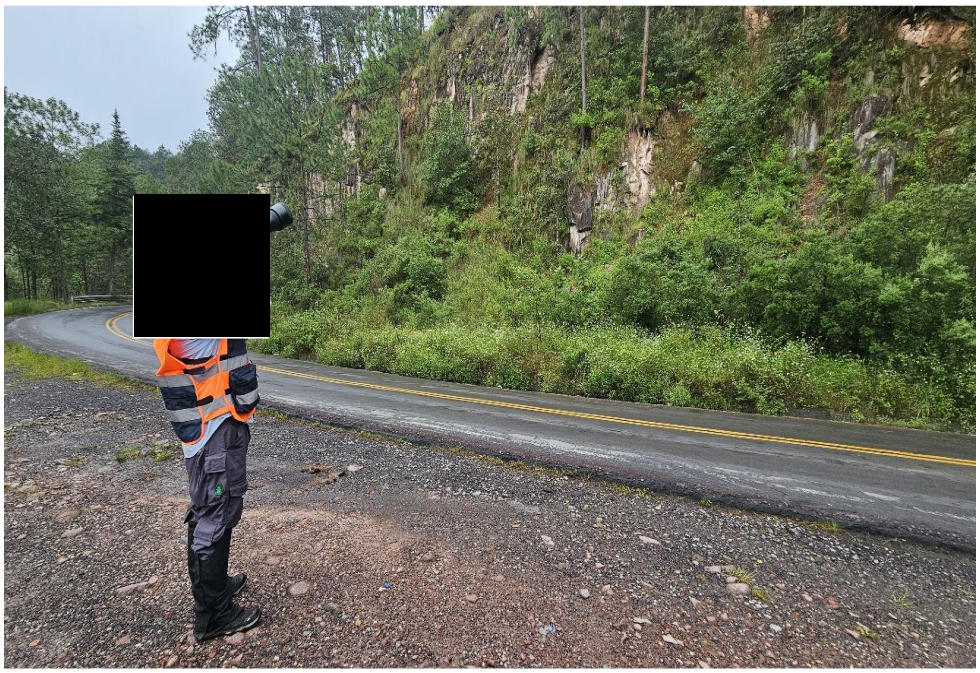


Figura 87. Registro de aves en puntos de conteo.

Para asignar las categorías de endemismo de las aves registradas se siguieron los criterios utilizados por González-García y Gómez de Silva (2003).

Para estimar la abundancia de las aves se consideraron los criterios de Ramírez-González (2006).

- 1-3 rara
- 4-6 ocasional
- 7-10 frecuente
- 11-20 abundante
- 21 en adelante, común

Mamíferos

El registro de las especies de mamíferos se realizó principalmente por registros indirectos como son huellas y excretas (Figura 88), ya que debido a sus hábitos es difícil observar a la mayoría de las especies, lo que dificulta su captura (Horváth et al., 2010).



Figura 88. Registros indirectos de mamíferos.

También se colocaron 7 cámaras-trampa (Tabla 71,Figura 90), las cuales se han vuelto una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten ampliar nuestras observaciones de las especies sin interferir con su conducta, generando así información muy valiosa sobre la biología y ecología de estas especies (Chávez et al., 2013).



Figura 89. Colocación de cámaras-trampa.

Tabla 71. Coordenadas de ubicación de las fototrampas instaladas.

ID	X	Y
Cámara 1	409069.81	2121796.931
Cámara 2	404828.254	2116130.91

ID	X	Y
Cámara 3	397503	2111651
Cámara 4	395923.435	2109435.766
Cámara 5	391242.937	2106912.017
Cámara 6	409688	2120132
Cámara 7	410718	2119962

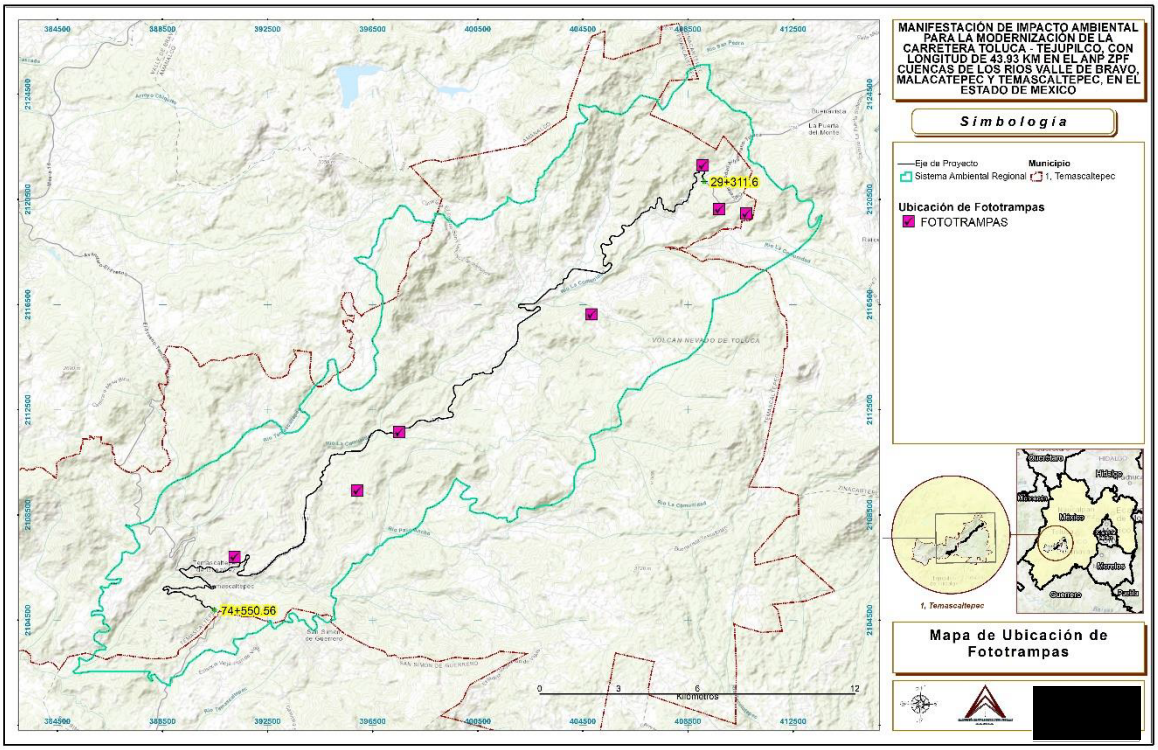


Figura 90. Ubicación de las fototrampas instaladas.

Para estimar la abundancia de los mamíferos se consideraron los criterios de Ramírez-González (2006).

- 1-3 rara
- 4-6 ocasional
- 7-10 frecuente
- 11-20 abundante
- 21 en adelante, común

σ Riqueza y curva de acumulación de especies

Durante el muestreo se lograron registrar 86 especies de vertebrados, de estos las aves son el grupo del cual se registró el mayor número de especies con 62, los reptiles son el segundo grupo con más especies registradas con 10, seguido de los mamíferos con 9 especies, mientras que con 5 especies los anfibios son el grupo menos representado (Figura 91).

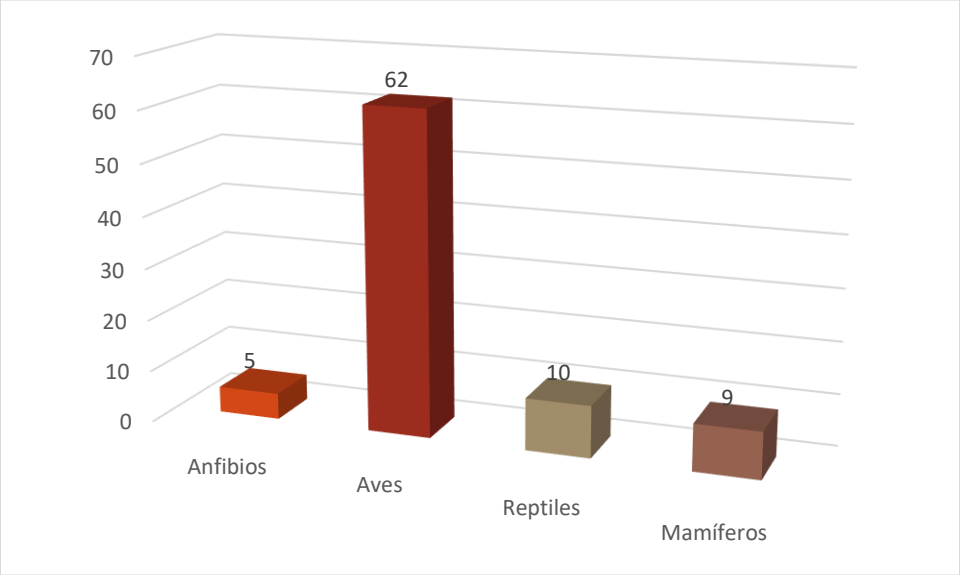


Figura 91. Número de especies registradas por grupo faunístico.

Con los registros obtenidos se elaboró una curva de acumulación de especies y se estimó otra mediante un modelo no paramétrico o de distribución libre, se empleó este tipo de modelo ya que no asume un tipo de distribución particular ni una serie de supuestos que lo ajusten a un modelo especifico (Moreno, 2001; Escalante-Espinosa, 2003).

El estimador empleado es Chao 1, este se basa en la abundancia, esto quiere decir que los datos que requiere se refieren a la abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra.

Este estimador se basa en la presencia de especies raras. Es decir, requerimos saber cuántas especies están representadas por sólo un individuo en la muestra, y cuántas especies están representadas por exactamente dos individuos. La fórmula es la siguiente:

$$\boldsymbol{Chao_1 = S + \frac{F^2}{2G}}$$

Donde:
S = Número de especies observadas en una muestra.
F = Número de especies raras, es decir, especies que están representadas por un solo individuo.
G = Número de especies que están representadas por dos individuos.

La curva de acumulación de especies se obtuvo mediante el software EstimateS versión 9.1.0, con la finalidad de evitar el efecto de orden de los registros, los valores fueron aleatorizados 100 veces y extrapolados al número de muestreos.

De acuerdo al modelo empleado se tendrían que haber registrado 117 especies, por lo que faltaron 31 especies por registrar, por lo que la curva no logra estabilizarse, sin embargo,

siguiendo la metodología empleada por Chan-Canché et al (2016) para calcular el esfuerzo mínimo de muestreo, se obtuvo un esfuerzo del 73.3 % el cual se considera representativo.

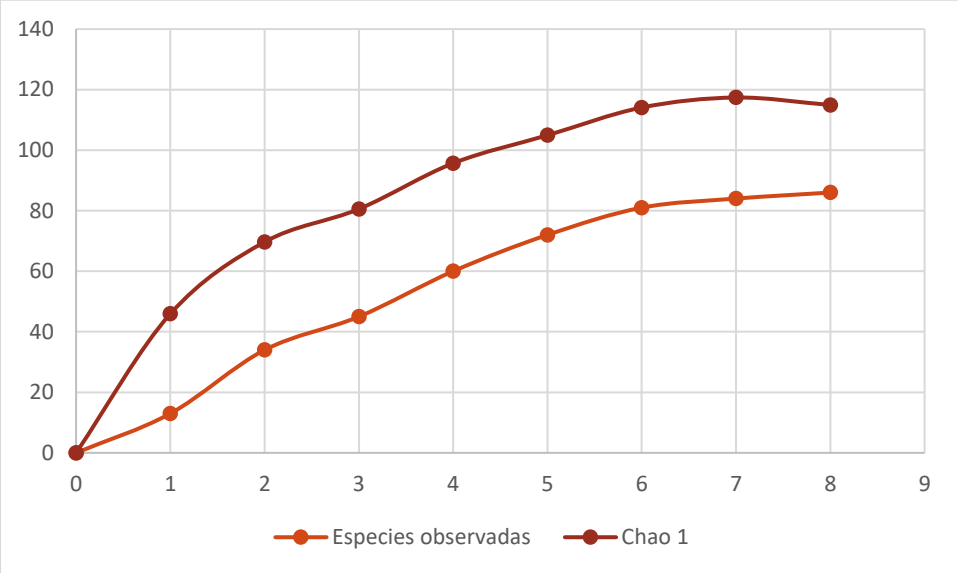


Figura 92. Curva de acumulación de especies.

- **Resultados por grupo faunístico**

Anfibios y reptiles

Se registraron cinco especies de anfibios, las cuales únicamente se observaron en el SAR (Tabla 72), de estas 4 son endémicas a México y solo una es de amplia distribución.

Tabla 72. Especies de anfibios registrados.

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	AP	SAR
Ambystomatidae	*Ambystoma rivulare*	Ajolote arroyero de Toluca	Endémica		X
Plethodontidae	*Pseudoeurycea leprosa*	Tlaconete dorado	Endémica		X
Craugastoridae	*Craugastor pygmaeus*	Rana ladradora pigmea	No endémica		X
Hylidae	*Dryophytes eximius*	Rana de árbol de montaña	Endémica		X
Ranidae	*Lithobates montezumae*	Rana leopardo de Moctezuma	Endémica		X

El ajolote arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*) es una especie endémica que se distribuye en los límites de los estados de Michoacán y el estado de México, también se conoce una población en la Sierra de Taxco en el estado de Guerrero (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020; Ceballos et al., 2024). En el Estado de México existen poblaciones en los municipios de Villa de Allende, Villa Victoria, Toluca, Zinacantepec, Temascaltepec y Calimaya, estos últimos cuatro forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), donde esta especie tiene el mayor número de poblaciones (Heredia-Bobadilla y Sunny, 2021).

El tlaconete dorado (*Pseudoeurycea leprosa*) es una salamandra con amplia distribución en la parte central y este de la Faja Volcánica Transmexicana, encontrándose de manera discontinua

en las regiones montañosas de Guerrero, Morelos, Estado de México, Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Hidalgo y Oaxaca (Ramírez-Bautista et al., 2009; Ceballos et al., 2024a).

La rana de árbol de montaña (*Dryophytes eximius*) se distribuye en la Sierra Madre Occidental desde el sureste de Durango, y la Sierra Madre Oriental desde el suroeste de Tamaulipas, hacia el sur de la Meseta Central y la Faja Volcánica Transmexicana en el centro del país Ramírez-(Bautista et al., 2009).

La rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*) esta rana se distribuye ampliamente a través de la Sierra Madre Occidental hacia el centro del país, en la Faja Volcánica Transmexicana (Ramírez-Bautista et al., 2009).



Figura 93. Especies de anfibios endémicos. 1) Ajolote arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*), 2) Tlaconete dorado (*Pseudoeurycea leprosa*), 3) Rana de árbol de montaña (*Dryophytes eximius*), 4) Rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*).

De acuerdo a los parámetros empleados de Vargas-Santamaría y Flores-Villela (2006) cuatro de las especies que representan el 80% de los anfibios y se consideran abundantes (Tabla 73), estas son el ajolote arroyero (*Ambystoma rivulare*), la rana ladradora pigmea (*Craugastor pygmaeus*), la rana de árbol de montaña (*Dryophjytes eximius*) y la rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montemuzae*) mientras que el tlaconete dorado (*Pseudoeurycea leprosa*) es la única especie considera moderadamente abundante y es el 20% (Figura 94).

Tabla 73. Abundancia de las especies de anfibios registrados.

Especie	Nombre común	Distribución	Organismos	Abundancia
Ambystoma rivulare	Ajolote arroyero de Toluca	Endémica	8	Abundante
Pseudoeurycea leprosa	Tlaconete dorado	Endémica	3	Moderadamente abundante
Craugastor pygmaeus	Rana ladradora pigmea	No endémica	24	Abundante
Dryophytes eximius	Rana de árbol de montaña	Endémica	35	Abundante
Lithobates montezumae	Rana leopardo de Moctezuma	Endémica	13	Abundante

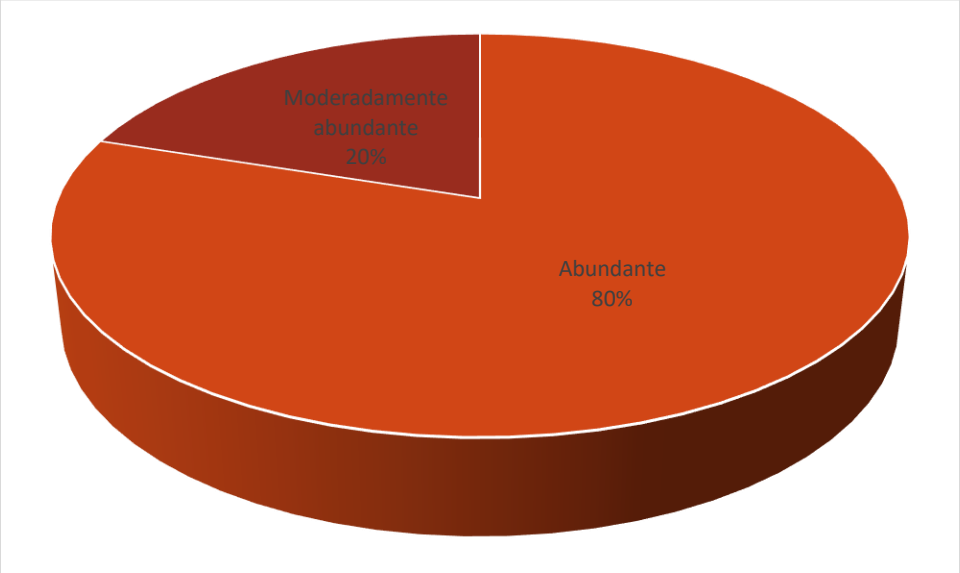


Figura 94. Porcentaje de abundancia de los anfibios registrados.

En el caso de los reptiles se registraron 10 especies (Tabla 74), de las cuales siete se registraron únicamente en el SAR y tres fueron observadas en el SAR como en el área del proyecto (Figura 95), estas son la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), la lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*) y la culebra parda mexicana (*Storeria storerioides*).

Tabla 74. Especies de reptiles registrados en el SAR y área del proyecto.

Especie	Nombre común	Distribución	AP	SAR
Sceloporus aeneus	Lagartija espinosa llanera	Endémica		X
Sceloporus bicanthalis	Lagartija espinosa transvolcánica	Endémica		X
Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa de mezquite	No endémica	X	X

Especie	Nombre común	Distribución	AP	SAR
Sceloporus torquatus	Lagartija espinosa de collar	Endémica	X	X
Conopsis biserialis	Culebra terrestre dos líneas	Endémica		X
Storeria storerioides	Culebra parda mexicana	Endémica	X	X
Tantilla deppei	Culebrita de collar de Deppe	Endémica		X
Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	Endémica		X
Thamnophis scaliger	Culebra listonada de montaña cola corta	Endémica		X
Crotalus triseriatus	Cascabel transvolcánica	Endémica		X

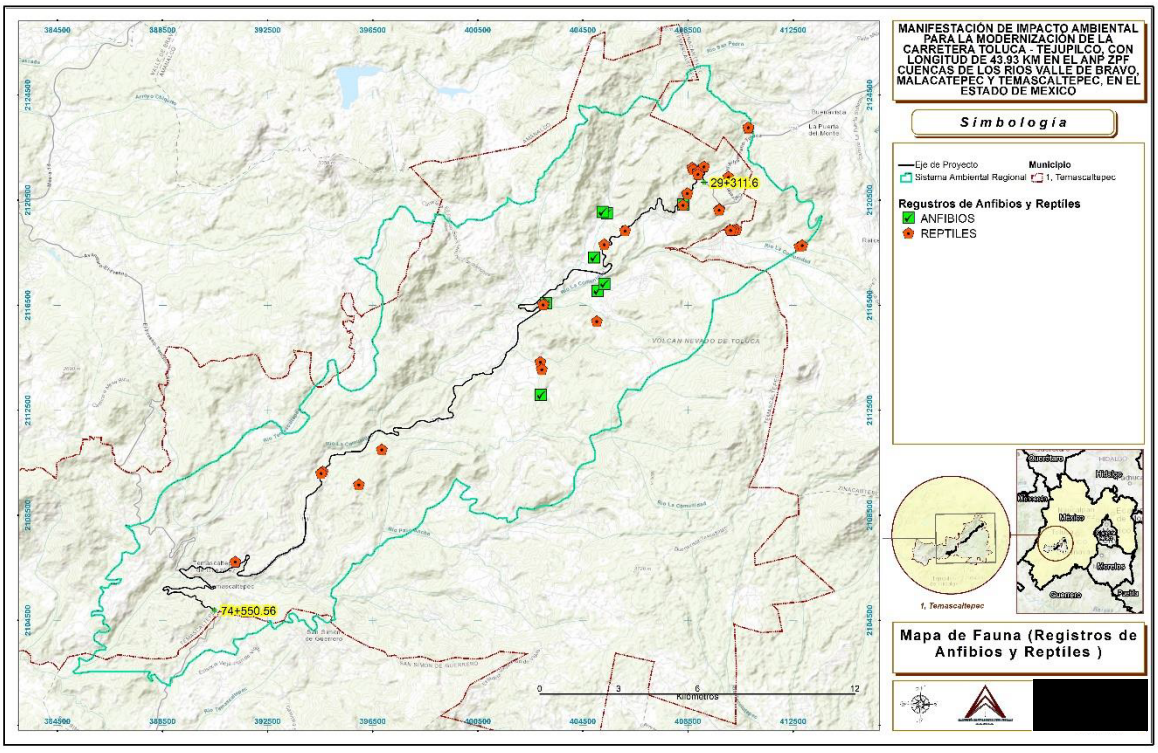


Figura 95. Ubicación de los anfibios y reptiles en el SAR y área del proyecto.



Figura 96. Reptiles registrados en el área del proyecto y SAR. 5) Lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), 6) Lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*), 7) Culebra parda mexicana (*Storeria storerioides*).

De las 10 especies de reptiles registrados nueve son endémicas y solo la lagartija espinosa de mezquite (*S. grammicus*) es de amplia distribución.

La lagartina espinosa llanera (*Sceloporus aeneus*) habita en bosques templados de pino y pino-encino en altitudes que van de los 1850 a los 3600 m.s.n.m., se encuentra en la mayor parte de la Faja Volcánica Transmexicana desde el oeste de Jalisco, Guanajuato, norte y centro de Michoacán, Estado de México, norte de Morelos, CDMX, centro y sur de Hidalgo, este de Querétaro y centro de Puebla (Ramírez-Bautista et al., 2009).

La lagartija espinosa transvolcánica (*Sceloporus bicanthalis*) se distribuye en el este de la Faja Volcánica Transmexicana y el sur de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Ramírez-Bautista et al., 2009).

La lagartija espinosa de collar (*Secoloporus torquatus*) se encuentra en los estados de Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y la Ciudad de México a altitudes que van de los 1,000 a los 3,200 m.s.n.m. (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Ramírez-Bautista et al. 2014).

La culebra terrestre dos líneas (*Conopsis biserialis*) se distribuye en el centro y sur de México, en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla y la Ciudad de México (Ramírez-Bautista et al., 2009).

La culebra parda mexicana (*Storeria storerioides*) es una especie de ambientes templados de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Faja Volcánica Transmexicana y el Altiplano Mexicano, se encuentra en los estados de Chihuahua, Durango, Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala, Zacatecas, CDMX e Hidalgo (Ramírez-Bautista et al., 2009).

La culebrita de collar de Deppe (*Tantilla deppei*) habita en el norte del estado de Morelos, norte de Guerrero, Estado de México y noreste de Oaxaca (Ceballos et al., 2024b).

La culebra listonada de montaña cola larga (*Thamnophis scalaris*) esta especie tiene una distribución disyunta en el Altiplano Mexicano y al norte de la Faja Volcánica Transmexicana, desde el centro de Jalisco al este de Veracruz (Ramírez-Bautista et al., 2009).

La culebra listonada de montaña cola corta (*Thamnophis scaliger*) se distribuye de manera disyunta en el Altiplano Mexicano y en los estados de Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala y la Ciudad de México (Ramírez-Bautista et al., 2009; Ceballos et al., 2024b).

La cascabel transvolcánica (*Crotalus triseriatus*) se encuentra en los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, México, Morelos, Michoacán, CDMX, Hidalgo, Jalisco y Querétaro (Aguilar-Miguel et al., 2021).

Siguiendo los parámetros de Vargas-Santamaría y Flores-Villela (2006) el 30% de los reptiles son abundantes (Figura 97), estos son la lagartija espinosa llanera (*Sceloporus aeneus*), la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), y la lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*), las especies moderadamente abundantes son la culebra parda mexicana (*Storeria storerioides*) y la cascabel transvolcánica (*Crotalus triseriatus*) las cuales son el 20%, mientras que las especies raras son la lagartija espinosa transvolcánica (*Sceloporus bicanthalis*), la culebra terrestre dos líneas (*Conopsis biserialis*), la culebrita de collar de Deppe (*Tantilla deppei*), la culebra listonada de montaña cola larga (*Thamnophis scalaris*) y la culebra listonada de montaña cola corta (*Thamnophis scaliger*) y estas representan el 50% de los reptiles registrados (Figura 98).

Tabla 75. Abundancia de los reptiles registrados.

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Sceloporus aeneus	Lagartija espinosa llanera	9	Abundante
Sceloporus bicanthalis	Lagartija espinosa transvolcánica	1	Rara
Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa de mezquite	13	Abundante
Sceloporus torquatus	Lagartija espinosa de collar	11	Abundante
Conopsis biserialis	Culebra terrestre dos líneas	1	Rara
Storeria storerioides	Culebra parda mexicana	4	Moderadamente abundante
Tantilla deppei	Culebrita de collar de Deppe	1	Rara
Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	1	Rara
Thamnophis scaliger	Culebra listonada de montaña cola corta	1	Rara
Crotalus triseriatus	Cascabel transvolcánica	3	Moderadamente abundante

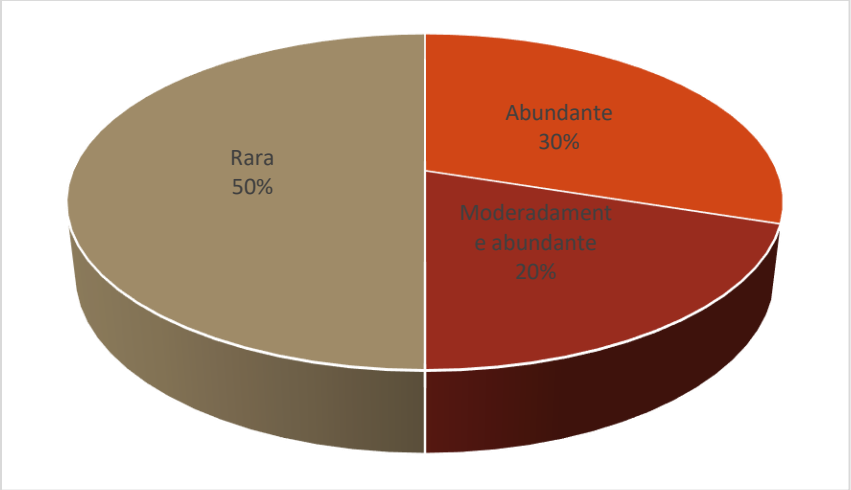


Figura 97. Porcentaje de abundancia de los reptiles registrados.



Figura 98. Reptiles considerados raros. 8) Lagartija espinosa transvolcánica (*Sceloporus bicanthalis*), 9) Culebrita de collar de Deppe (*Tantilla deppei*), 10) Culebra listonada de montaña cola larga (*Thamnophis scalaris*), 11) Culebra listonada de montaña cola corta (*Thamnophis scaliger*), 12) culebra terrestre dos líneas (*Conopsis biserialis*).

Aves

Durante el muestreo se registraron 62 especies de aves (Tabla 76), de estas en el SAR se registraron 58 y en el área del proyecto se registraron 18 especies (Figura 99), de las especies registradas 44 solo se observaron en el SAR, 14 especies se registraron en el SAR como en el área del proyecto y 4 solo se encontraron en el área del proyecto (Figura 100) la paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*), el jilguerito encapuchado (*Spinus notatus*), el chipe corona negra (*Cardellina pusilla*) y el carpintero albinegro mayor (*Leuconotopicus villosus*).

Tabla 76. Especies de aves registradas en el SAR.

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	AP	SAR
Accipitridae	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	No endémica		X
Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	No endémica		X
Aegithalidae	*Psaltriparus minimus*	Sastrecillo	No endémica		X
Cardinalidae	*Pheucticus melanocephalus*	Picogordo tigrillo	Semiendémica		X
Cardinalidae	*Piranga flava*	Piranga encinera	No endémica		X
Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote aura	No endémica	X	X
Certhiidae	*Certhia americana*	Trepadorcito americano	No endémica		X
Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar turca	Exótica	X	
Corvidae	*Corvus corax*	Cuervo común	No endémica		X
Corvidae	*Cyanocitta stelleri*	Chara copetona	No endémica		X
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	No endémica		X
Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón mexicano	No endémica		X
Fringillidae	*Loxia curvirostra*	Picotuerto rojo	No endémica		X
Fringillidae	*Spinus notatus*	Jilguerito encapuchado	No endémica	X	
Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito dominico	No endémica		X
Furnariidae	*Lepidocolaptes leucogaster*	Trepatroncos mexicano	Endémica		X
Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche pico curvo	No endémica		X
Parulidae	*Basileuterus belli*	Chipe cejas doradas	No endémica	X	X
Parulidae	*Basileuterus rufifrons*	Chipe gorra canela común	Cuasiéndemica		X
Parulidae	*Cardellina pusilla*	Chipe corona negra	No endémica	X	
Parulidae	*Cardellina rubra*	Chipe rojo	Endémica	X	X
Parulidae	*Geothlypis tolmiei*	Chipe lores negros	No endémica	X	X
Parulidae	*Leiothlypis celata*	Chipe oliváceo	No endémica		X
Parulidae	*Myioborus miniatus*	Pavito alas negras	No endémica	X	X
Parulidae	*Oreothlypis superciliosa*	Chipe cejas blancas	No endémica		X
Parulidae	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	No endémica		X
Parulidae	*Setophaga graciae*	Chipie cejas amarillas	No endémica		X
Parulidae	*Setophaga nigrescens*	Chipe negrogris	Semiendémica		X
Parulidae	*Setophaga occidentalis*	Chipe cabeza amarilla	No endémica		X
Parulidae	*Setophaga townsendi*	Chipe de Townsend	No endémica	X	X
Passerellidae	*Arremon virenticeps*	Rascador cejas verdes	Endémica		X

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	AP	SAR
Passerellidae	*Atlapetes pileatus*	Rascador gorra canela	Endémica		X
Passerellidae	*Junco phaeonotus*	Junco ojos de lumbre	No endémica	X	X
Passerellidae	*Melospiza lincolnii*	Gorrión de Lincoln	No endémica		X
Passerellidae	*Melospiza melodia*	Gorrión cantor	No endémica		X
Passerellidae	*Melozone fusca*	Rascador viejita	No endémica		X
Passerellidae	*Oriturus superciliosus*	Zacatonero serrano	Endémica		X
Passerellidae	*Pipilo maculatus*	Rascador moteado	No endémica	X	X
Passeridae	*Passer domesticus*	Gorrión doméstico	Exótica	X	X
Peucedramidae	*Peucedramus taeniatus*	Ocotero enmascarado	No endémica		X
Picidae	*Leuconotopicus villosus*	Carpintero albinegro mayor	No endémica	X	
Picidae	*Melanerpes formicivorus*	Carpintero bellotero	No endémica	X	X
Ptiliogonatidae	*Ptiliogonys cinereus*	Capulinero gris	Cuasiéndemica		X
Regulidae	*Corthylio calendula*	Reyezuelo matraquita	No endémica	X	X
Tityridae	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón degollado	No endémica		X
Trochilidae	*Basilinna leucotis*	Colibrí orejas blancas	No endémica		X
Trochilidae	*Eugenes fulgens*	Colibrí magnífico	No endémica	X	X
Trochilidae	*Lampornis clemenciae*	Colibrí garganta azul	Semiendémica		X
Troglodytidae	*Campylorhynchus megalopterus*	Matraca barrada	Endémica		X
Troglodytidae	*Troglodytes aedon*	Saltapared común	No endémica		X
Turdidae	*Myadestes occidentalis*	Clarín jilguero	No endémica	X	X
Turdidae	*Sialia mexicana*	Azulejo garganta azul	No endémica		X
Turdidae	*Sialia sialis*	Azulejo garganta canela	No endémica		X
Turdidae	*Turdus assimilis*	Mirlo garganta blanca	No endémica		X
Turdidae	*Turdus migratorius*	Mirlo primavera	No endémica		X
Tyrannidae	*Contopus pertinax*	Papamoscas José María	No endémica		X
Tyrannidae	*Contopus sordidulus*	Papamoscas del oeste	No endémica		X
Tyrannidae	*Empidonax fulvifrons*	Papamoscas pecho canela	No endémica		X
Tyrannidae	*Empidonax hammondii*	Papamoscas de Hammond	No endémica		X
Tyrannidae	*Mitrephanes phaeocercus*	Papamoscas copetón	No endémica	X	X
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Papamoscas cardenalito	No endémica		X
Vireonidae	*Vireo plumbeus*	Vireo plomizo	No endémica		X

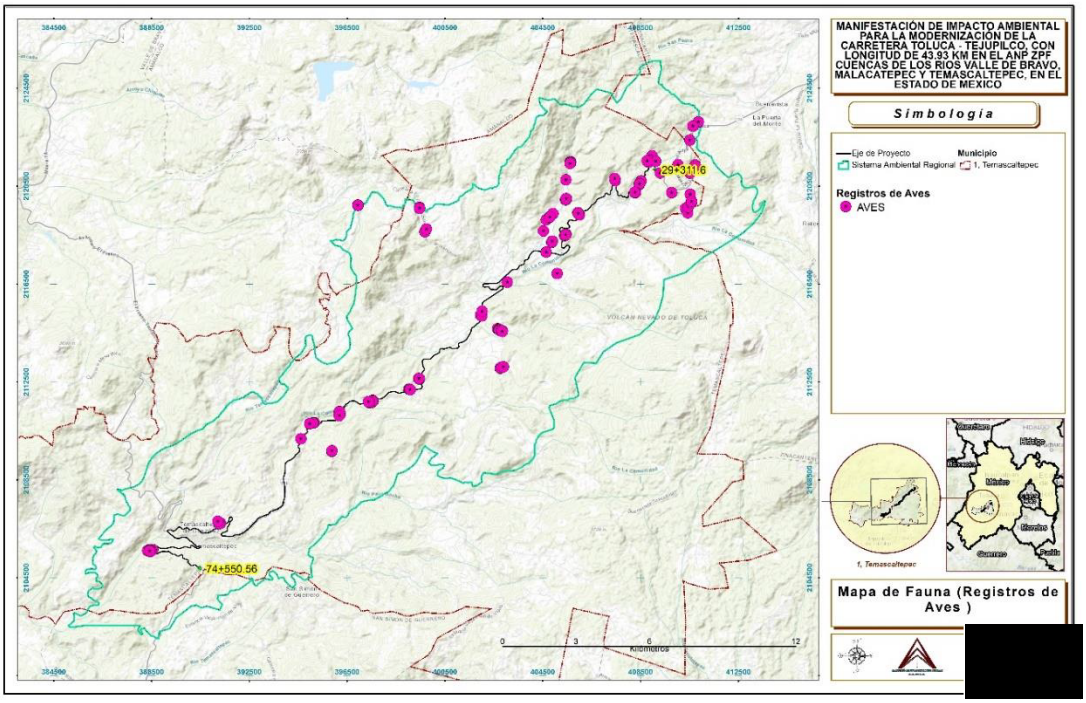


Figura 99. Ubicación de los registros de las especies de aves.

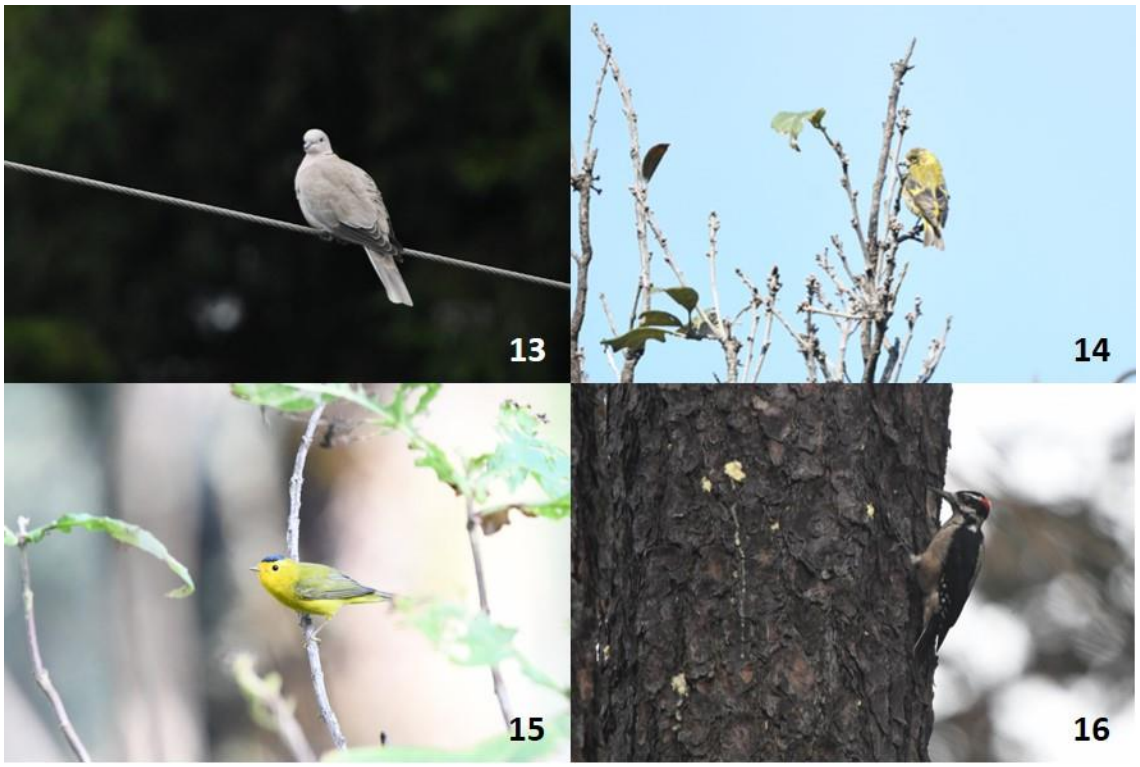


Figura 100. Aves que se registraron únicamente en el área del proyecto. 13) Paloma turca de collar (*Streptopelia decaocto*), 14) Jilguerito encapuchado (*Spinus notatus*), 15) Chipe corona negra (*Cardellina pusilla*), 16) Carpintero albinegro mayor (*Leuconotopicus villosus*).

Las 62 especies se encuentran distribuidas 24 familias, de las cuales la mejor representada es Parulidae con 13 especies, seguida de Passerellidae con 8, Tyrannidae con 6, Turdidae con 5 especies, Fringillidae con 4, Trochilidae con 3, de las familias Accipitridae, Cardinalidae, Corvidae, Picidae, y Troglodytidae se registraron dos especies, mientras que las familias que están representadas por una sola especie son Aegithalidae, Cathartidae, Certhiidae, Columbidae, Falconidae, Furnariidae, Mimidae, Passeridae, Peucedramidae, Ptiliogonatidae, Regulidae, Tityridae y vireonidae (Figura 101).

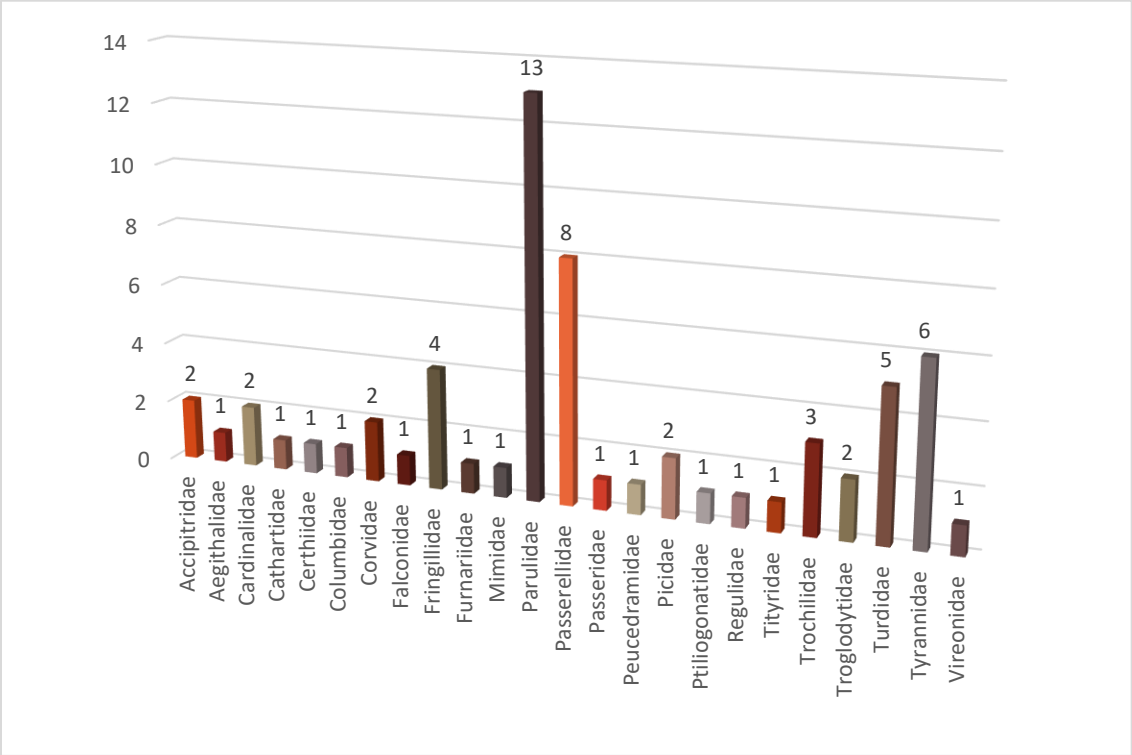


Figura 101. Número de especies por familia.

En cuanto a las categorías de endemismo de las aves, dos especies que representan el 3% son especies cuasiendémicas, las especies semiendémicas son 3 las cuales son el 5%, las especies exóticas son dos y estas son un 3%, las especies que son endémicas al país son 6 que corresponden al 10% de las aves registradas, mientras que el 79% de las especies son de amplia distribución (Figura 102).

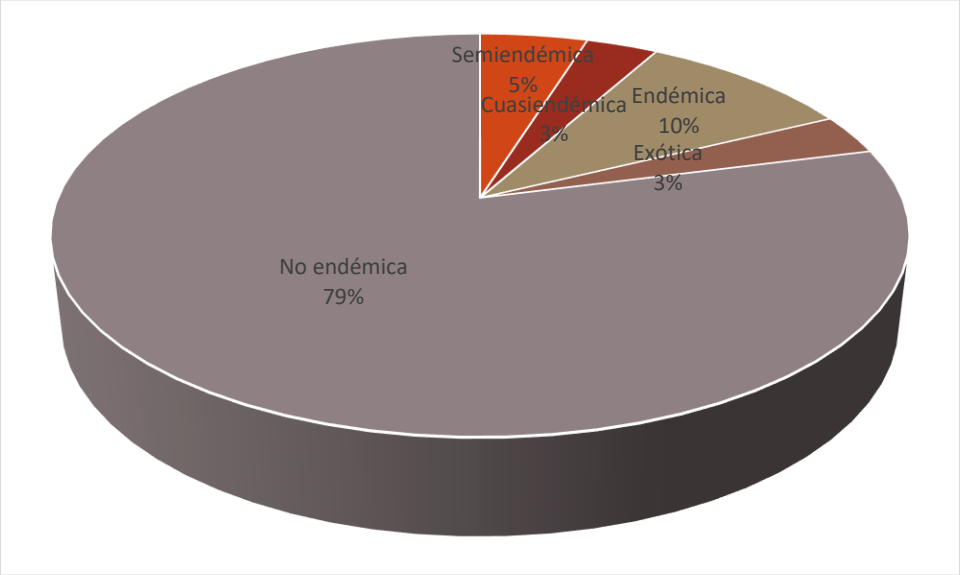


Figura 102. Porcentaje de las categorías de endemismo de las aves.

Las especies semiendémicas son tres (Figura 103) el picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*), el chipe negrogris (*Setophaga nigrescens*) y el colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*), estas se restringen a México solamente durante una parte de su ciclo anual (Navarro-Sigüenza et al., 2014).



Figura 103. Especies semiendémicas. 17) Picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*), 18) Chipe negrogris (*Setophaga nigrescens*), 19) Colibrí garganta azul (*Lampornis clemenciae*).

El chipe gorra canela (*Basileuterus rufifrons*) y el capulinero gris (*Ptiliogonys cinereus*) son las especies cuasiendémicas (Figura 104), es decir, su distribución se extiende ligeramente a países vecinos fuera de los límites políticos de México por continuidad ecológica u orográfica (Navarro-Sigüenza et al., 2014).



Figura 104. Aves cuasiendémicas registradas. 20) Chipe gorra canela (*Basileuterus rufifrons*), 21) Capulinero gris (*Ptiliogonys cinereus*).

las especies endémicas son 6 (Figura 105) el trepatroncos mexicano (*Lepidocolaptes leucogaster*), el chipe rojo (*Cardellina rubra*), rascador cejas verdes (*Arremon virenticeps*), rascador gorra canela (*Atlapetes pileatus*), el zacatonero serrano (*Oriturus superciliosus*) y la matraca barrada (*Campylorhynchus megalopterus*).



Figura 105. Aves endémicas. 22) Trepatroncos mexicano (*Lepidocolaptes leucogaster*), 23) Chipe rojo (*Cardellina rubra*), 24) Rascador cejas verdes (*Arremon virenticeps*), 25) Rascador gorra canela (*Atlapetes pileatus*), 26) Zacatonero serrano (*Oriturus superciliosus*), 27) Matraca barrada (*Campylorhynchus megalopterus*).

Las especies exóticas son la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), en el caso de la paloma de collar turca (*S. decaocto*) solo se registró en el área del proyecto en la localidad de La Comunidad, esta es una especie invasora de origen euroasiático que fue introducida como ave de ornato a las Islas Bahamas y a las Antillas Menores en 1974 (Blancas-Calva et al., 2014), de allí probablemente se dispersó hacia el este los Estados Unidos, donde ha colonizado gran parte de su territorio (National Geographic, 2006; Blancas-Calva et al., 2014). Actualmente está expandiendo su área de distribución en México (Pineda-López y Malagamba, 2011), donde se le ha registrado en la mayoría de los estados del norte y la Península de Yucatán (Álvarez-Romero et al., 2008). Esta especie genera un impacto al competir por alimento con otras Columbiformes, así como por

sitios de anidación (Álvarez-Romero et al., 2008), además representa un riesgo para la avifauna nativa que podría ser susceptible de ser infectada por agentes patógenos, ya que la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*) es reservorio de diversas enfermedades (Álvarez-Romero et al., 2008; Blancas-Calva et al., 2014).

El gorrión doméstico (*Passer domesticus*) se observó en el SAR como en el área del proyecto únicamente dentro de los asentamientos humanos, esté se distribuía en el Medio Oriente o la región mediterránea. Actualmente es el ave más extendida en todo el planeta y una de las más exitosas. En México se encuentra en casi todo el país con excepción de la Península de Yucatán (Álvarez-Romero et al., 2008). Es una especie capaz de aprovechar los recursos que las ciudades ofrecen y de tolerar los disturbios asociados a los ambientes urbanos, además logra alcanzar su mayor densidad poblacional en las zonas que presentan un alto desarrollo urbano (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors, 2011).

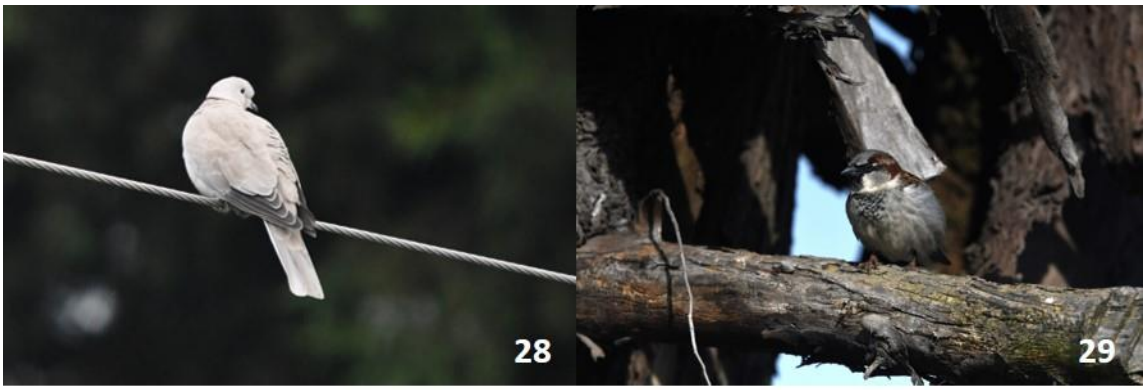


Figura 106. Especies exóticas. 28) Paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*), 28) Gorrión doméstico (*Passer domesticus*).

De acuerdo a los parámetros empleados de Ramírez-González (2006) el junco ojos de lumbre (*Junco phaeonotus*) es la única especie abundante (Tabla 77) y esta es el 2%, el gorrión doméstico (*P. domesticus*), junto con el capulinero gris (*P. cinereus*) son especies comunes ya que son las que presentaron el mayor número de organismos registrados y estas son el 3%, las especies que debido al número de registros se consideran frecuentes son el picotuerto rojo (*Loxia curvirostra*), el chipe cejas doradas (*Basileuterus belli*), el chipe rojo (*C. rubra),* el chipe oliváceo (*Leiothlypis celata*), el rascador viejita (*Melozone fusca*), el zacatonero serrano (*O. superciliosus*), la matraca barrada (*C. megalopterus*) y el clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*) y representan el 13%, las especies ocasionales son 11 y corresponden al 18%, mientras que 40 especies se consideran raras y son el 64% (Figura 107).

Tabla 77. Abundancia de las aves registradas.

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Astur cooperii	Gavilán de Cooper	1	Rara
Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	1	Rara
Psaltriparus minimus	Sastrecillo	1	Rara
Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	2	Rara
Piranga flava	Piranga encinera	1	Rara
Cathartes aura	Zopilote aura	6	Ocasional

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Certhia americana	Trepadorcito americano	1	Rara
Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	1	Rara
Corvus corax	Cuervo común	1	Rara
Cyanocitta stelleri	Chara copetona	5	Ocasional
Falco sparverius	Cernícalo americano	2	Rara
Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	4	Ocasional
Loxia curvirostra	Picotuerto rojo	7	Frecuente
Spinus notatus	Jilguerito encapuchado	1	Rara
Spinus psaltria	Jilguerito dominico	3	Rara
Lepidocolaptes leucogaster	Trepatroncos mexicano	1	Rara
Toxostoma curvirostre	Cuicacoche pico curvo	4	Ocasional
Basileuterus belli	Chipe cejas doradas	8	Frecuente
Basileuterus rufifrons	Chipe gorra canela común	1	Rara
Cardellina pusilla	Chipe corona negra	5	Ocasional
Cardellina rubra	Chipe rojo	7	Frecuente
Geothlypis tolmiei	Chipe lores negros	5	Ocasional
Leiothlypis celata	Chipe oliváceo	7	Frecuente
Myioborus miniatus	Pavito alas negras	5	Ocasional
Oreothlypis superciliosa	Chipe cejas blancas	2	Rara
Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	3	Rara
Setophaga graciae	Chipie cejas amarillas	1	Rara
Setophaga nigrescens	Chipe negrogris	1	Rara
Setophaga occidentalis	Chipe cabeza amarilla	1	Rara
Setophaga townsendi	Chipe de Townsend	2	Rara
Arremon virenticeps	Rascador cejas verdes	1	Rara
Atlapetes pileatus	Rascador gorra canela	4	Ocasional
Junco phaeonotus	Junco ojos de lumbre	13	Abundante
Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	2	Rara
Melospiza melodia	Gorrión cantor	2	Rara
Melozone fusca	Rascador viejita	7	Frecuente
Oriturus superciliosus	Zacatonero serrano	9	Frecuente
Pipilo maculatus	Rascador moteado	4	Ocasional
Passer domesticus	Gorrión doméstico	49	Común
Peucedramus taeniatus	Ocotero enmascarado	2	Rara
Leuconotopicus villosus	Carpintero albinegro mayor	1	Rara
Melanerpes formicivorus	Carpintero bellotero	6	Ocasional
Ptiliogonys cinereus	Capulinero gris	22	Común
Corthylio calendula	Reyezuelo matraquita	2	Rara
Pachyramphus aglaiae	Cabezón degollado	1	Rara
Basilinna leucotis	Colibrí orejas blancas	2	Rara
Eugenes fulgens	Colibrí magnífico	2	Rara
Lampornis clemenciae	Colibrí garganta azul	1	Rara

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Campylorhynchus megalopterus	Matraca barrada	8	Frecuente
Troglodytes aedon	Saltapared común	1	Rara
Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	9	Frecuente
Sialia mexicana	Azulejo garganta azul	2	Rara
Sialia sialis	Azulejo garganta canela	2	Rara
Turdus assimilis	Mirlo garganta blanca	1	Rara
Turdus migratorius	Mirlo primavera	3	Rara
Contopus pertinax	Papamoscas José María	1	Rara
Contopus sordidulus	Papamoscas del oeste	1	Rara
Empidonax fulvifrons	Papamoscas pecho canela	1	Rara
Empidonax hammondii	Papamoscas de Hammond	3	Rara
Mitrephanes phaeocercus	Papamoscas copetón	6	Ocasional
Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	2	Rara
Vireo plumbeus	Vireo plomizo	1	Rara

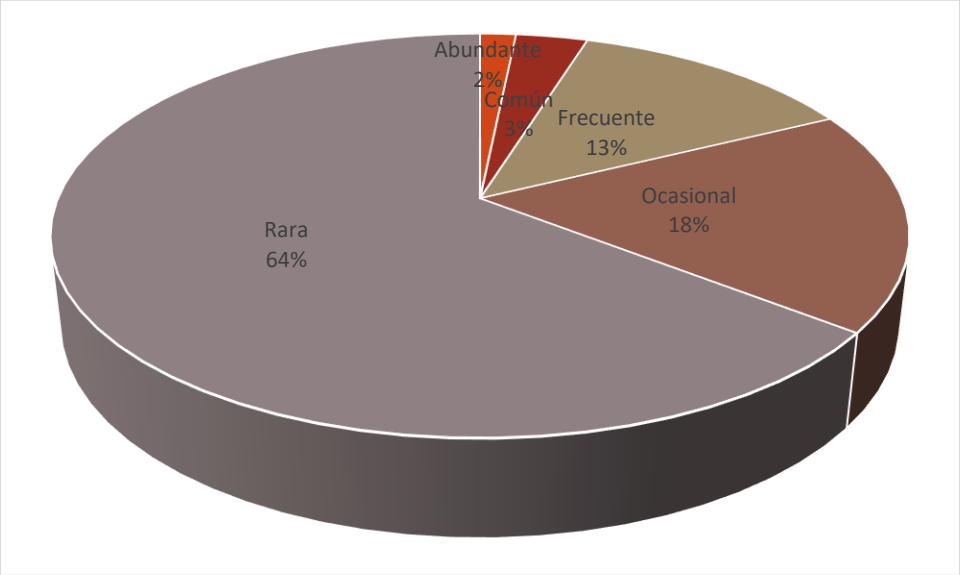


Figura 107. Porcentaje de las abundancias de las aves registradas.

Mamíferos

Se registraron 9 especies de mamíferos (Tabla 78), de los cuales el tlacuache (*Didelphis virginiana*), la ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*) y el ardillón de rocas (*Otospermophilus variegatus*) se registraron únicamente mediante avistamientos, el armadillo (*Dasypus novemcintus*) se registró solo mediante fototrampas, la presencia del conejo de monte (*Sylvilagus cunicularius*) y de la zorra gris (*Urocyon coinereoargenteus*) solo se registró mediante registros indirectos (excretas), el gato montés (*Lynx rufus*), y el coyote (*Canis latrans*) se registraron a través de fototrampas, así como por registros indirectos, mientras que el mapache (*Procyon lotor*) fue registrado por cámaras-trampa, así como por avistamiento.

Tabla 78. Especies de mamíferos registrados.

Familia	Especie	Nombre común	Distribución	Avistamiento	Huella/ excreta	Fototrampa	AP	SAR
Dasypodidae	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo	No endémica			X	X	
Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache	No endémica	X			X	
Felidae	*Lynx rufus*	Gato montés	No endémica		X	X		X
Canidae	*Canis latrans*	Coyote	No endémica		X	X	X	X
Canidae	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	No endémica		X			X
Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	No endémica	X		X	X	X
Sciuridae	*Sciurus aureogaster*	Ardilla vientre rojo	No endémica	X			X	X
Sciuridae	*Otospermophilus variegatus*	Ardillón de rocas	No endémica	X				X
Leporidae	*Sylvilagus cunicularius*	Conejo de monte	Endémica		X			X

El armadillo (*D. novemcinctus*) y el tlacuache (*D. virginiana*) son las especies que únicamente se registraron en área del proyecto (Figura 108), las especies que solo se registraron en el SAR son el gato montés (*L. rufus*), la zorra gris (*U. cinereoargenteus*), el ardillón de rocas (*O. variegatus*) y el conejo de monte (*S. cinicularius*), mientras que las especies que se registraron en el SAR como en el área del proyecto son el coyote (*Canis latrans*), el mapache (*Procyon lotor*) y la ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*).

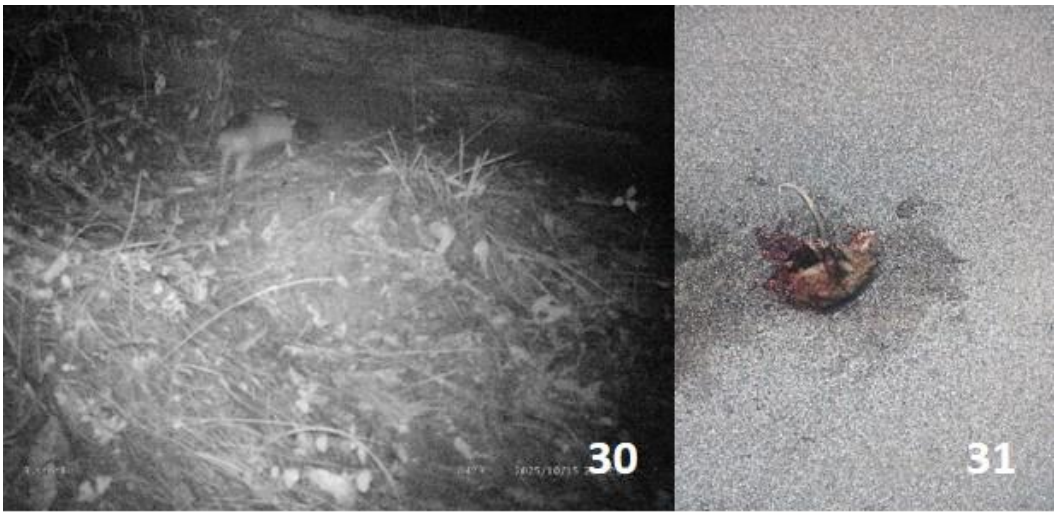


Figura 108. Mamíferos que se registraron únicamente en el área del proyecto. 30) Armadillo (*Dasypus novemcintus*), 31) tlacuache (*Didelphis virginiana*).

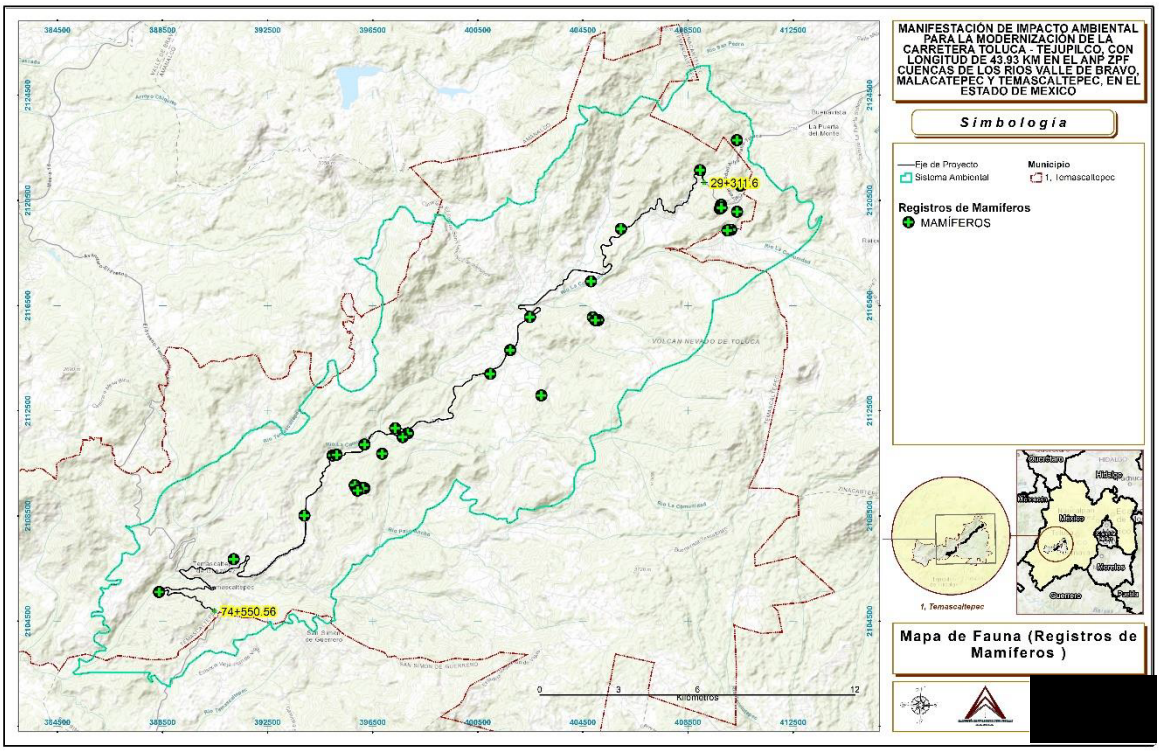


Figura 109. Ubicación de los registros de mamíferos en el área del proyecto y SAR.

Todas las especies son de amplia distribución con excepción del conejo de monte (*S. cunicularius*) que es una especie endémica, este se distribuye desde Sinaloa hasta Oaxaca por la costa del Pacífico y hacia el este por las tierras altas de la Faja Volcánica Transmexicana desde Michoacán hasta Veracruz. En el centro del país es una especie común en las montañas de la cuenca de México como el Cerro Pelado, el Popocatépetl, el Iztacihuatl y el Nevado de Toluca (Cervantes et al., 2005).

Para obtener la abundancia también se siguieron los criterios de Ramírez-González (2006) y de acuerdo a estos, tres especies son frecuentes (Tabla 79) el coyote (*Canis latrans*), la ardilla vientre rojo (*S. aureogaster*) y el ardillón de rocas (*O. variegatus*) y estos son el 33%, las especies que se consideran ocasionales son el gato montés (*L. rufus*) y la zorra gris (*U. cinereoargenteus*) las cuales son el 22% (Figura 110), mientras que el armadillo (*D. novemcinctus*), el tlacuache (*D. virginiana*), el mapache (*P. lotor*) y el conejo de monte (*S. cunicularius*) son especies raras.

Tabla 79. Abundancia de los mamíferos registrados.

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Dasypus novemcinctus	Armadillo	1	Rara
Didelphis virginiana	Tlacuache	3	Rara
Lynx rufus	Gato montés	5	Ocasional
Canis latrans	Coyote	10	Frecuente
Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	6	Ocasional
Procyon lotor	Mapache	2	Rara

Especie	Nombre común	Organismos	Abundancia
Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	9	Frecuente
Otospermophilus variegatus	Ardillón de rocas	8	Frecuente
Sylvilagus cunicularius	Conejo de monte	1	Rara

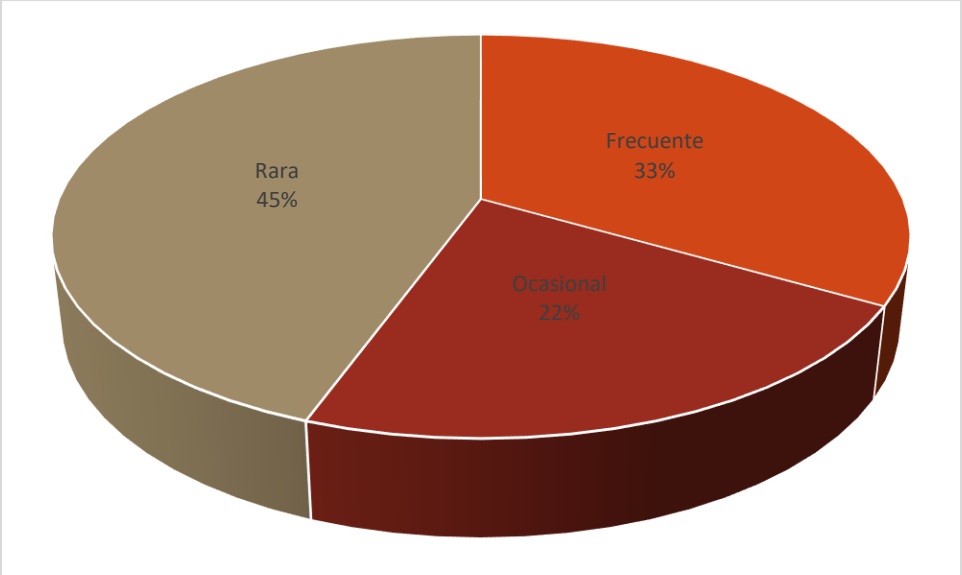


Figura 110. Porcentaje de abundancia de los mamíferos registrados.

σ Índice de diversidad

Para conocer la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener, el cual es el más ampliamente utilizado para cuantificar la diversidad alfa. Este índice toma en cuenta tanto el número de especies como el número de individuos por especie y asume que la muestra es aleatoria y tomada de una población indefinidamente grande (Krebs, 2000, Moreno, 2001).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi\ (lnpi)$$

Dónde:

H'= Índice de diversidad de especies

S= Número de especies

pi= Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i (abundancia relativa)

In pi = Logaritmo natural de pi

Para conocer cómo se encuentra repartida la diversidad se obtuvo el índice de equidad, para ello se empleó el índice de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

$$J' = \frac{H'}{H'max}$$

Dónde:

H'max = ln(S)

Al obtener el índice de Shannon se puede observar que el grupo de las aves es el que presenta la diversidad más alta (H'=3.51), lo cual se debe principalmente a que este es el grupo con el mayor número de especies registradas, los mamíferos son el segundo grupo con la mayor diversidad (H'=1.96), seguido de los reptiles (H'=1.84) mientras que los anfibios al ser el grupo con el menor número de especies registradas, presentan la menor diversidad (Figura 111).

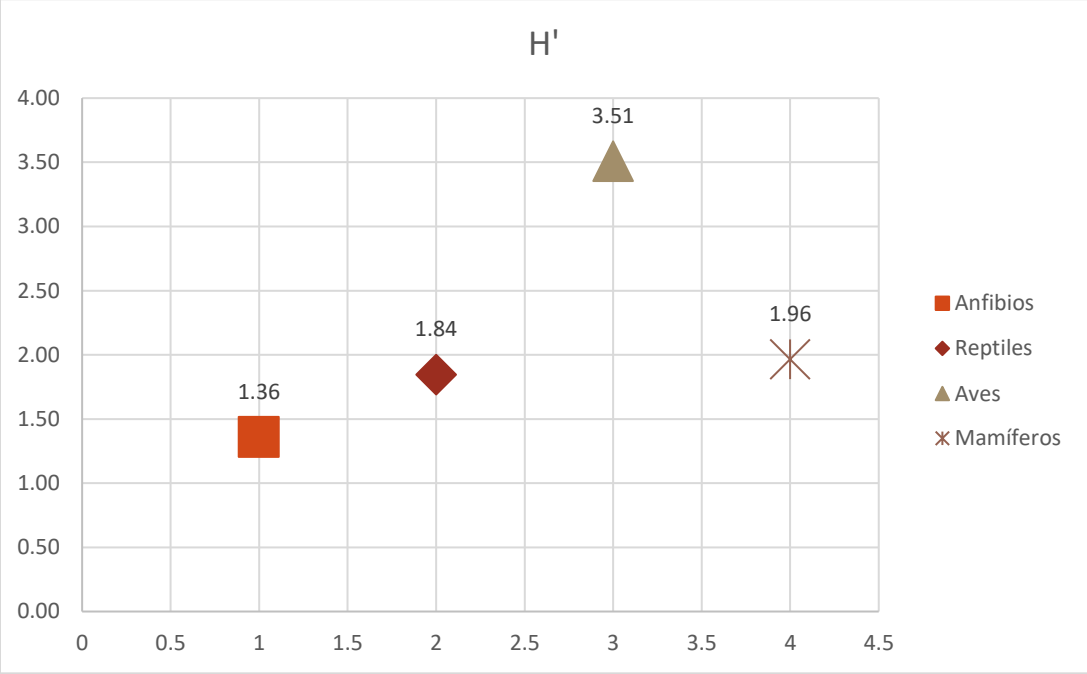


Figura 111. Comparación de la diversidad obtenida.

Al comparar la diversidad obtenida (H') con la máxima diversidad esperada (Hmax), se puede observar que los mamíferos y los anfibios son los grupos en los que la diversidad obtenida se encuentra más cercana a la máxima diversidad esperada, mientras que en las aves la diversidad obtenida se encuentra más alejada de la máxima diversidad esperada (Figura 112).

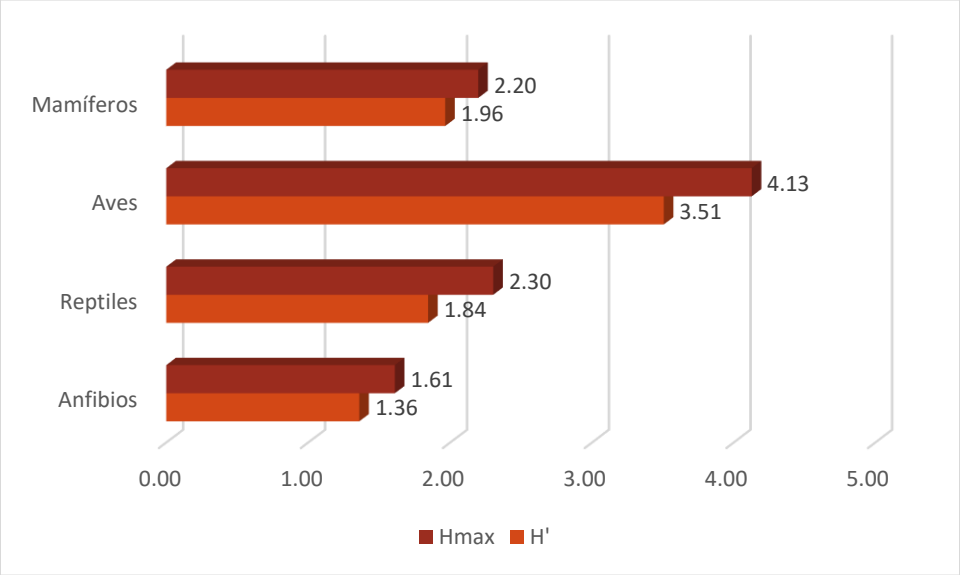


Figura 112. Comparación de la diversidad obtenida con la máxima diversidad esperada.

En lo que respecta a la equidad (J') para todos los grupos se obtuvo un valor cercano a 1 (Figura 113), por lo que la mayoría de las especies tienen prácticamente las mismas posibilidades de ser registradas, los mamíferos son el grupo con la equidad más alta (J'=0.89), seguido de las aves (J'=0.85), mientras que el valor más bajo lo presentan los reptiles (J'= 0.80) lo que indica que existen especies que presentan una mayor abundancia, en este caso la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) y la lagartija de collar (*Sceloporus torquatus*) son las especies que presentan una mayor abundancia en comparación con las demás especies de reptiles.

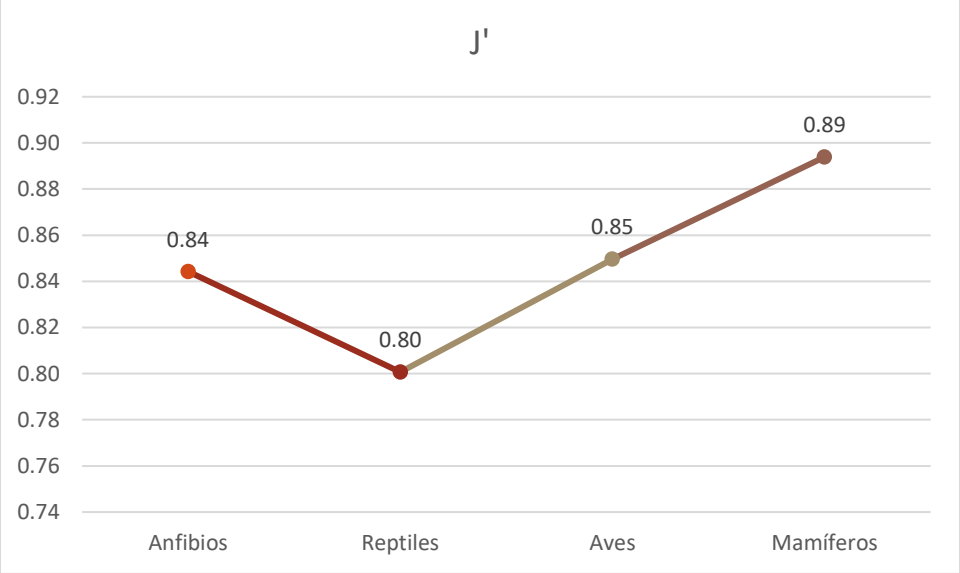


Figura 113. Comparación de la equidad obtenida.

σ Especies amenazadas

Para conocer que especies se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2010 Anexo Normativo III de fecha 14/11/2019, la cual tiene por objetivo identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies.

De las especies registradas solo 11 se encuentran bajo alguna de las categorías de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 80) y estas representan el 13% (Figura 114), por lo que el 87% de las especies registradas no presentan problemas de conservación.

Tabla 80. Especies listadas bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios	*Ambystoma rivulare*	Ajolote arroyero de Toluca	A
	Pseudoeurycea leprosa	Tlaconete dorado	A
	Lithobates montezumae	Rana leopardo de Moctezuma	Pr
Reptiles	*Sceloporus grammicus*	Lagartija espinosa de mezquite	Pr
	Conopsis biserialis	Culebra terrestre dos líneas	A
	Tantilla deppei	Culebrita de collar de Deppe	A
	Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	A
	Thamnophis scaliger	Culebra listonada de montaña cola corta	A
Aves	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr
	Geothlypis tolmiei	Chipe lores negros	A
	Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Pr

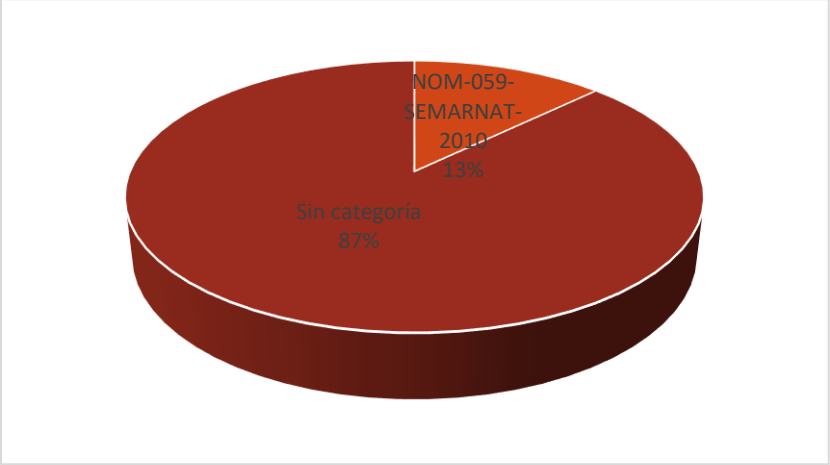


Figura 114. Porcentaje de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Los reptiles son el grupo con el mayor número de especies protegidas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 con cinco especies, mientras que de los grupos de anfibios y aves solo tres especies de cada grupo se encuentran en dicha norma, la categoría con más especies es amenazada (A) con 7 y en la categoría de sujetas a protección especial (Pr) se encuentran 4 especies (Figura 115).

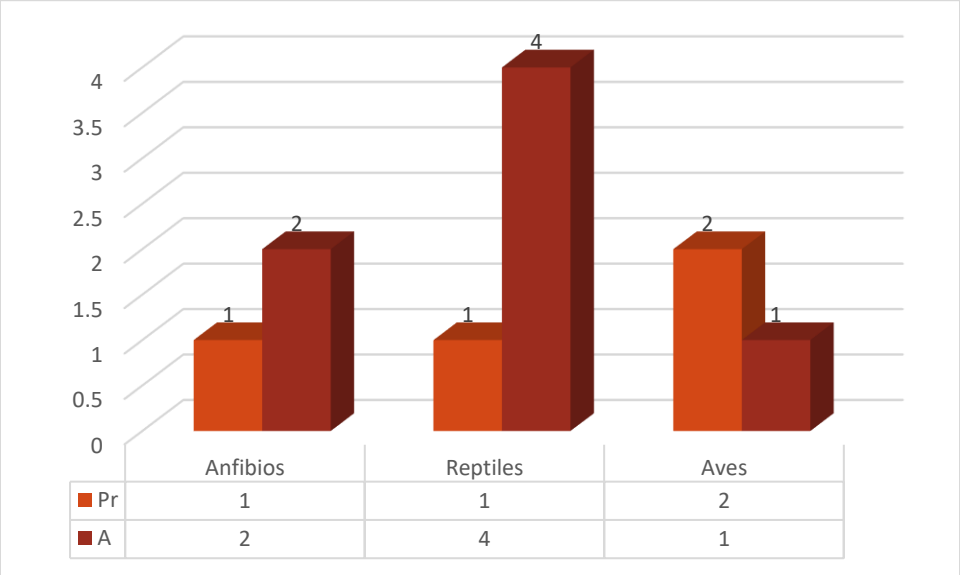


Figura 115. Número de especies en las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por grupo faunístico.

Las especies sujetas a protección (Pr) son cuatro (Figura 116) la rana leopardo de Moctezuma (*Lithobartes montezumae*), la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), el gavilán de Cooper (*Astur cooperii*) y el clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*).

La principal amenaza para la rana leopardo de Moctezuma (*L. montezumae*) son la destrucción de los bosques de coníferas, ya que con la disminución de la vegetación donde habita, también disminuyen los cuerpos de agua donde se reproduce esta especie, y por lo tanto sus requerimientos ecológicos llegan a ser escasos y las poblaciones tiene pocas oportunidades de sobrevivir en ambientes perturbados (Ramírez- Bautista y Arizmendi, 2004b).

De acuerdo a Ramírez Bautista y Arizmendi (2004c) en la CDMX, el estado de México y Morelos los principales factores de riesgo para la lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) son la degradación de los hábitats naturales por causa de la urbanización, la fragmentación por el incremento de la agricultura extensiva, el pastoreo, quema, la deforestación y las actividades turísticas.

Para el gavilán de Cooper (*A. cooperii*) la destrucción del hábitat, el uso de pesticidas, la cacería y captura de ejemplares para cetrería son los principales factores de riesgo. La caza y la captura de pollos para cetrería son factores que inciden negativamente en sus poblaciones en México. En la década de los 40 y 50's el uso de compuestos organoclorados (principalmente DDT y su metabolito DDE) influyó en la declinación del éxito reproductivo de la especie, con una reducción de entre el 7 y 19% del grosor de los cascarones, otros contaminantes como metales pesados, mercurio, dieldrina y PBC's pueden acumularse en los huevos (Ayala-Islas et al., 2005).

Para el clarín jilguero (*M. occidentalis*) las principales amenazas son la perdida y modificación del hábitat, ya que la tala inmoderada ha reducido al 50% la extensión de los bosques mesófilos, los cuales son ecosistemas naturalmente frágiles, sumado al cambio de uso de suelo para la apertura de tierras para la agricultura, ganadería y la expansión de los centros urbanos. Adicionalmente los bosques templados también se han reducido en aproximadamente 40% de su extensión original. Otra amenaza para esta especie es su comercialización ya que es utilizada como ave de ornato, por lo que en su mayoría los ejemplares son extraídos del medio ambiente, lo cual tiene un impacto considerable en sus poblaciones (Ayala-Islas, 2010).



Figura 116. Especies sujetas a protección especial (Pr). 32 Rana leopardo de Moctezuma (*Lithobartes montezumae*), 33) Lagartija espinosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*), 34) Gavilán de Cooper (*Astur cooperii*), 35) Clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*).

Las especies amenazadas son 7 (Figura 117), el ajolote arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*), el tlaconete dorado (*Pseudoeurucea leprosa*), la culebra terrestre dos líneas (*Conopsis biserialis*), la culebrita de collar de Deppe (*Tantilla deppei*), la culebra listonada cola larga (*Thamnophis sclaris*), la culebra listonada cola corta (*Thamnophis scaliger*) y el chipe lores negros (*Geothlypis tolmiei*).

El ajolote arroyero (*A. rivulare*) e una especie con poblaciones en descenso y desaparición, en 2018 la organización Naturam Sequia A.C llevó a cabo un Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y el Área de Protección de Recursos Naturales de las Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec en donde se han registrado varias poblaciones, para esta especie el principal problema de conservación es la alteración y perdida de hábitat, ya que los arroyos en los que habita estan siendo entubados para obtener agua para las poblaciones humanas.

Además, se ha realizado la introducción de trucas en algunos cuerpos de agua, esta es una especie exótica e invasora y suele causar afectaciones a la fauna nativa, siendo esta una gran amenaza para las poblaciones de ajolotes. Su distribución actual abarca un área de 152 km^2, y se estima que ha tenido una reducción del 56% con respecto a su distribución histórica (Ceballos et al 2024a). Otro problema al que se enfrenta esta especie es la presencia del hongo quitridiomiceto (*Batrachochytrium dendrobatidis*) el cual ha causado la disminución de poblaciones de anfibios en todo el mundo, ya que de acuerdo a Frías-Álvarez et al (2008) las poblaciones de *Ambystoma rivulare* que se encuentran en el estado de Michoacán dieron positivo a la presencia de dicho hongo.

Se considera que el tamaño de las poblaciones del tlaconete dorado (*P. leprosa*) estan disminuyendo, la principal amenaza para esta salamandra es la modificación del hábitat por actividades agrícolas y forestales, por la expansión de los asentamientos humanos y por actividades turísticas dentro de los parques nacionales donde se distribuye. Otros factores que afectan a la especie es el cambio climático y el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* el cual se ha registrado en las poblaciones de Puebla y el Estado de México (Ceballos et al 2024a).

Para la culebra terrestre dos líneas (*C. biserialis*) la principal amenaza es la transformación del hábitat, y aun que es capaz de sobrevivir en zonas de cultivo o en áreas con cierto grado de urbanización, el contacto directo con los humanos propicia que se le aniquile por la creencia de que es una especie venenosa (Ceballos et al 2024b), sin embargo, como la gran mayoría de las especies también se ve afectada por la destrucción de los bosques de encino y coníferas por la deforestación, la urbanización, la agricultura, el sobrepastoreo (Ramírez Bautista y Arizmendi, 2004a).

En el caso de la culebrita de collar de Deppe (*T. deppei*) debido a su distribución restringida, se desconoce si es una especie abundante o rara a lo largo de su área de distribución (Ceballos et al 2024b), de acuerdo a Mata-Silva et al., (2015) al utilizar el índice de vulnerabilidad ambiental (EVS, por sus siglas en inglés) se considera que tiene una vulnerabilidad moderada.

La culebra listonada de montaña cola larga (*T. scalaris*) es una especie poco estudiada por lo que se desconoce su biología general, sus poblaciones presentan una baja densidad, es probable que esté en peligro de extinción por la depredación humana, la deforestación y contaminación en su área de distribución (Ceballos et al 2024b).

De acuerdo a Ramírez Bautista y Arizmendi (2004d) para la culebra listonada de montaña cola corta (*T. scaliger*) las principales amenazas son el cambio de uso de suelo y la perdida de la superficie original por el aumento de la urbanización, el avance de la agricultura, la ganadería extensiva y la deforestación, también se le encuentra frecuentemente en las tiendas de mascota, además sus poblaciones se han visto disminuidas tradicionalmente debido a que suele ser confundida con una especie venenosa (Ceballos et al 2024b).



Figura 117. Especies amenazadas (A) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. 36) Ajolote arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*), 37) Tlaconete dorado (*Pseudoeurucea leprosa*), 38) Culebra terrestre dos líneas (*Conopsis biserialis*), 39) Culebrita de collar de Deppe (*Tantilla deppei*), 40) Culebra listonada cola larga (*Thamnophis sclaris*), 41) Culebra listonada cola corta (*Thamnophis scaliger*), 42) Chipe lores negros (*Geothlypis tolmiei*).

σ Mariposa Monarca (Danaus plexippus)

La Monarca es quizá la mariposa más conocida del mundo, esto debido a la migración anual que realiza desde el centro y noreste de los Estados Unidos y el sureste de Canadá hacia el sur para pasar el invierno en el centro de México.

Los sitios de hibernación de las Mariposas Monarca se encuentran en bosques de oyamel "*Abies religiosa*" (Treviño, et al., 2018). Estos Bosques son ecosistemas de alta montaña, por lo común entre 2400 y 3600 metros de altitud. De acuerdo a Rzedowski (2006) la mayor extensión de estos bosques se encuentra en las serranías del Valle de México y montañas de la Faja Volcánica Transmexicana.

En estos sitios la Mariposa Monarca en los meses de noviembre y diciembre se recupera rápidamente gracias al néctar de las flores de plantas, ya cuando entra el invierno cientos de miles de mariposas se aglomeran en los árboles reduciendo su actividad al mínimo (Treviño, et a., 2018).

Dentro del Área de Protección de Recursos naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec se ubica el santuario Piedra Herrada, el cual tiene una gran importancia ya que es una zona de hibernación de mariposas monarca, por lo que es un área en la que se protege a la mariposa monarca y por lo tanto a su fenómeno migratorio, sin embargo, el santuario se encuentra fuera del SAR.

Durante el muestreo realizado no se observaron ejemplares de mariposa monarca, sin embargo, de acuerdo a García-Jacinto y Guerrero-Olivares (2019) en el área en la que se encuentra inmerso el SAR se han registrado sitios de hibernación de la Monarca en las localidades de San Francisco Oxtotilpan, en el Ejido San Mateo Almomoloa y San Antonio Albarranes en el Municipio de Temascaltepec.

Tomando en cuenta los registros de García-Jacinto y Guerrero-Olivares (2019), así como registros obtenidos en la base de datos de GBIF (Global Biodiversity Information Facility), en el SAR se encontraron 19 registros (Tabla 81; Figura 118), cabe mencionar que ninguno de estos se encuentra en el área del proyecto, sin embargo, es de gran importancia que se lleve a cabo un monitoreo del mes de noviembre a marzo, periodo en el que se encuentran las colonias de hibernación, esto con la finalidad de poder identificar aquellas áreas en las que el proyecto cruce zonas críticas con presencia de mariposa monarca y en las que se deberá colocar señalética informativa sobre la presencia de mariposas con el objetivo de que los vehículos reduzcan la velocidad en los sitos con alta presencia de mariposas.

Tabla 81. Coordenadas de los registros de mariposa monarca en el SAR.

Año	X	Y
2013	402428.237	2117186.503
2015	404308.95	2122522
2016	410354.92	2122921
2017	404360.83	2123228
2017	404181.95	2121413
2017	404525.88	2121276
2017	404376.57	2124006
2017	405068	2122183

Año	X	Y
2017	403956.572	2112388.605
2019	412571.33	2120794
2019	412571.33	2120794
2022	394609.108	2108065.222
2022	389521.196	2106683.639
2023	397706.455	2120196.07
2023	402501.768	2119189.578
2024	401609.203	2115072.979
2024	397706.228	2120155.457
2024	404597.351	2111903.669
2025	405077.761	2119167.994

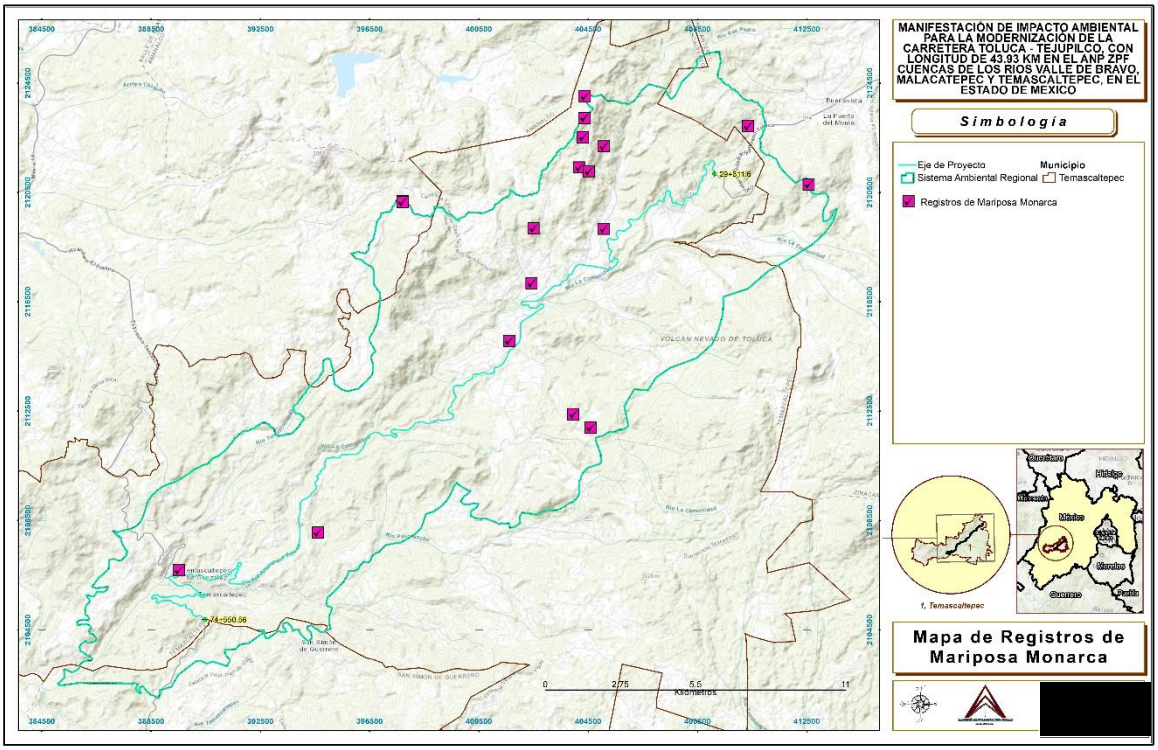


Figura 118. Registros de mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en el SAR.

σ Corredores Biológicos y áreas de importancia

Los corredores son áreas, que conectan dos o más regiones y pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales que mantienen la conectividad entre los extremos para evitar el aislamiento de las poblaciones (CONANP, 2017).

Los corredores biológicos son importantes en las Áreas Naturales Protegidas, o los remanentes de los ecosistemas naturales, ya que mantienen la conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies (CONANP, 2017).

De acuerdo a los corredores delimitados por la CONANP (2017) el proyecto se encuentra dentro del Corredor Biológico del Eje Neovolcánico (Figura 119), el SAR se encuentra inmerso en el Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc, y Temascaltepec la cual funciona como un puente que une a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, con el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, siendo esta un área de conectividad ecológica que brinda grandes áreas de hábitat y refugio para un gran número de especies entre las que se encuentra la Mariposa Monarca, así mismo, etas áreas junto con Áreas Naturales Protegidas Estatales se unen a los Parques Nacionales Iztaccihuatl – Popocatepetl y La Montaña Malinche o Matlalcuaéyatl en Puebla y Tlaxcala, integrando así el Corredor Biológico del Eje Neovolcánico.

Con la finalidad de mantener la continuidad y permitir el flujo de la fauna no solo en el área del proyecto si no en el SAR y el Corredor Biológico el proyecto contempla la implementación de acciones de reforestación, así como la adecuación de obras de drenaje para que estos cumplan una doble función como pasos de fauna, con lo cual al permitir el libre desplazamiento de la fauna se evitará fragmentar poblaciones de especies que presenten amplios ámbitos hogareños.

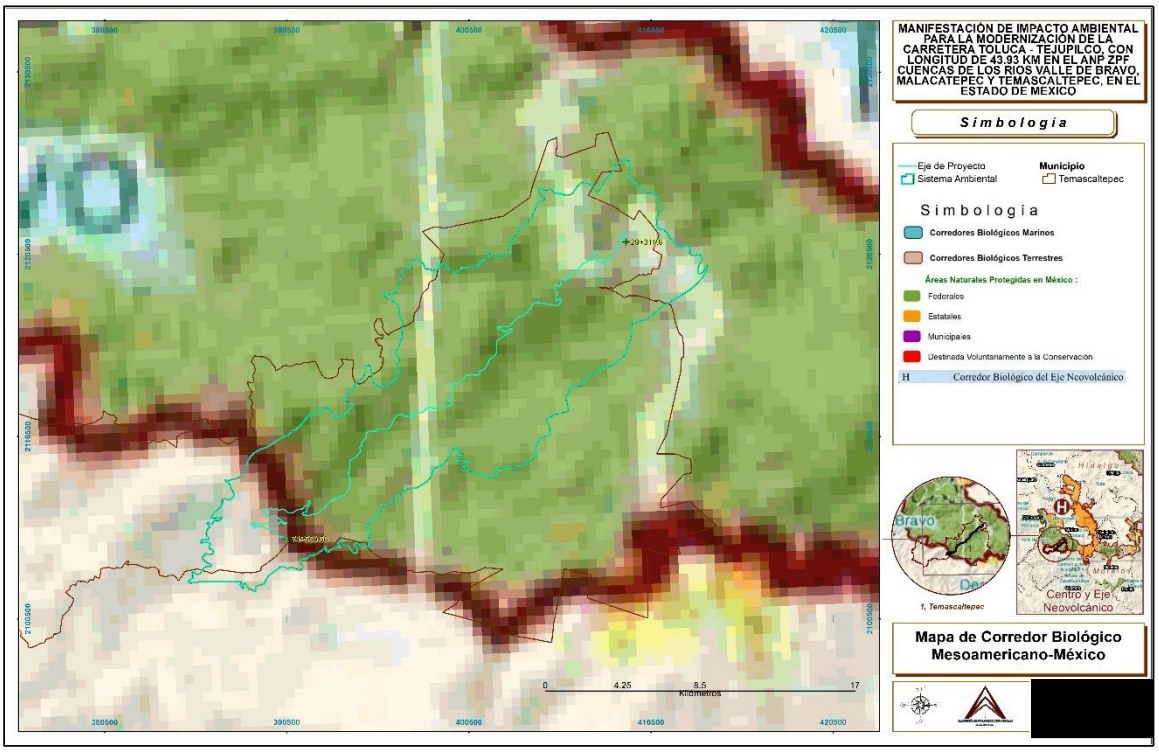


Figura 119. Ubicación del SAR y proyecto en Corredor de Biológico del Eje Neovolcánico.

En conclusión, durante el muestreo se registraron 86 especies de vertebrados, siendo las aves el grupo mejor representado con 62 especies, los reptiles son el segundo grupo con el mayor número de especies registradas con 10, seguido de los mamíferos con 9, mientras que de los anfibios únicamente se registraron 5 especies.

Se utilizó el modelo de Chao 1 para obtener una curva de acumulación de especies, de acuerdo a este se tendrían que haber registrado 117 especies, por lo que faltarían 31 especies por registrar, sin embargo, siguiendo la metodología empleada por Chan-Canché et al (2016) se tiene que el esfuerzo de muestreo realizado es del 73.3 % el cual se considera representativo.

De los anfibios se registraron 5 especie, estas solo fueron observadas en el SAR, 4 especies son endémicas y solo una es de amplia distribución, el 80% de los anfibios se consideran abundantes y el 10% de las especies son moderadamente abundantes.

Del grupo de los reptiles en el SAR se registraron 10 especies y 3 de estas también se registraron en el área del proyecto, 9 especies son endémicas a México, el 30% de los reptiles son especies abundantes, las especies moderadamente abundantes son el 20%, mientras que el 50% son especies raras ya que solo se registró entre 1 y 2 organismos de cada especie.

Del grupo de las aves se registraron 62 especies, en el SAR se observaron 58 especies mientras que en el área del proyecto solo se registraron 18, de las 62 especies 3 son semiendémicas, 2 son cuasiendémicas, y 6 son endémicas, también se registraron 2 especies exóticas.

Solo una especie que representa el 2% se considera abundante, el 3 % son especies comunes, el 13 se consideran especies frecuentes, las especies ocasionales son el 18%, mientras que el 64% de las especies se consideran raras.

Del grupo de los mamíferos se registraron 9 especies, de las cuales solo una es endémica a México y las demás presentan una amplia distribución.

De acuerdo a los parámetros empleados el 33% de los mamíferos registrados se consideran frecuentes, el 22% son especies ocasionales, mientras que las especies raras son el 45% ya que de estas solo se tiene de 1 a 3 registros por especie.

De las 86 especies registradas únicamente 11 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y representan el 13% del total de especies registradas, los reptiles son el grupo con más especies consideradas en dicha norma, 4 están amenazadas (A) y 1 sujeta a protección especial (Pr), de los anfibios 2 especies se encuentran en la categoría de amenazada (A) y 1 como sujeta a protección especial (Pr), mientras que de las aves son 3 especies las que se consideran en dicha norma, 1 está amenazada (A) y 2 sujetas a protección especial (Pr).

En cuanto al índice de Shannon se encontró que la mayor diversidad la presentan las aves (H'=3.51) lo cual se debe principalmente a que es el grupo con el mayor número de especies registradas, los mamíferos son el segundo grupo con la diversidad más alta con H'=1.96, seguido de los reptiles, mientras que los anfibios presentan la menor diversidad ya que es el grupo en el menor número se especies registradas.

Durante el muestreo no se registró ninguna mariposa monarca, sin embargo, en el área que comprende el SAR se han registrado sitios de hibernación en las localidades de San Francisco Oxtotilpan, en el Ejido San Mateo Almomoloa y San Antonio Albarranes en el Municipio de Temascaltepec, debido a esto se deberá llevar a cabo un monitoreo abarcando los meses de noviembre a marzo, periodo en el que se encuentran las colonias de hibernación, esto con la finalidad de poder identificar aquellas áreas en las que el proyecto cruce zonas críticas con presencia de mariposa monarca y en las que se deberá colocar señalética informativa.

El SAR se encuentra dentro del Corredor Biológico del Eje Neovolcánico, el proyecto se encuentra inmerso en el Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc, y Temascaltepec la cual funciona como un puente que une a la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, con el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, siendo esta un área de conectividad ecológica que brinda grandes áreas de hábitat y refugio para un gran número de especies entre las que se encuentra la Mariposa Monarca.

Con la finalidad de mantener la continuidad y permitir el flujo de la fauna no solo en el área del proyecto si no en el SAR y el Corredor Biológico el proyecto contempla la implementación de acciones de reforestación, así como la adecuación de obras de drenaje para que estos cumplan una doble función como pasos de fauna, con lo cual al permitir el libre desplazamiento de la fauna se evitará fragmentar poblaciones de especies que presenten amplios ámbitos hogareños, ayudando a mantener la riqueza y diversidad de especies.

IV.2.2.3 Medio Socioeconómico

El SAR del proyecto corresponde a una superficie de 23810.04 hectáreas, de las cuales, 21,151.23 ha corresponden al municipio de Temascaltepec, el cual representa el 88.8 % del área de estudio, siendo dicho municipio por el cual transcurre la totalidad del proyecto.

De acuerdo a ello, a continuación se presentan las principales características socioeconómicas del municipio en comento.

IV.2.2.3.1 Datos demográficos

El municipio de Temascaltepec, de acuerdo con los criterios oficiales de CONAPO e INEGI, mantiene un predominio demográfico de características rurales, ello derivado de una distribución de su población en localidades de menos de 2,500 habitantes.

La cabecera municipal, Temascaltepec de González, se encuentra en el límite de ese parámetro con un total de 2,469 habitantes reportados en 2020, no obstante, en 2010 se censaron 2,533 habitantes. Sin embargo, la población total del municipio de Temascaltepec ha mostrado una tendencia constante de crecimiento; pasó de cerca de 14 mil habitantes en 1960 a poco más de 35 mil en 2020, ello se ha reflejado en el incremento de la mayoría de las nueve localidades de más de 1,000 habitantes.

Tabla 82. Población en Temascaltepec

Población 1990-2020							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015*	2020
Hombres	13,517	13,457	15,464	14,785	16,142	15,381	17,189
Mujeres	13,451	13,186	15,728	15,551	16,728	16,250	17,825
Total	26,968	26,643	31,192	30,336	32,870	31,631	35,014

En el municipio de Temascaltepec, se tiene registro de una población total de 1,833 personas que hablan una lengua indígena, de las cuales 893 son hombres y 940 mujeres.

IV.2.2.3.2 Educación

En el municipio de Temascaltepec, la población estudiantil representa el 36.7% de la población en edad escolar; el mayor porcentaje de asistencia se encuentra en el nivel básico con 97.5% para educación primaria; 89.1% para educación secundaria, mientras que el porcentaje de asistencia se reduce de manera significativa para la educación media superior y superior, donde se registra un porcentaje de asistencia de 34.8%.

Tabla 83. Población según condición de asistencia escolar por grupos de edad y sexo, 2020 en el municipio de Temascaltepec.

Grupos de edad	Población			Condición de asistencia escolar					
				Asiste			No asiste		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
3 a 5 años	2,287	1,202	1,085	No Disponible	No Disponible	No Disponible	992	506	486
15 a 17 años	2,071	1,073	998	1,352	693	659	No Disponible	No Disponible	No Disponible
18 a 24 años	4,239	2,073	2,166	846	398	448	No Disponible	No Disponible	No Disponible
25 a 29 años	2,621	1,237	1,384	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible	No Disponible

Fuente: INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2020.*

Con respecto a la población de 8 a 14 años que no sabe leer y escribir, se tiene un registro de 102 personas, de las cuales 62 son hombres y 40 mujeres.

De la misma forma, se tiene una población analfabeta (de 15 años y más), de 1,772 personas, lo que representa el 7.42% de su población.

Con respecto a la escolaridad, se tienen los datos de la Tabla 84 , donde se puede observar que el 6.63% de la población no tiene escolaridad, mientras que la primaria completa y la secundaria completa se encuentran representadas por el 20.47% y 31.08% de la población, respectivamente.

Tabla 84. Población de 15 años y más, por nivel de escolaridad según sexo, 2020 en el municipio de Temascaltepec

Nivel de escolaridad	Total	Hombres	Mujeres	Representa de la población de 15 años y más		
				Total	Hombres	Mujeres
Sin escolaridad	1,584	632	952	6.63%	5.45%	7.74%
Primaria completa	4,890	2,525	2,365	20.47%	21.79%	19.22%
Secundaria completa	7,425	3,520	3,905	31.08%	30.37%	31.74%

IV.2.2.3.3 Salud

La salud y el desarrollo sostenible se encuentran vinculados. Tanto el acceso a la salud y el bienestar son derechos humanos que al ser garantizados permiten construir sociedades prósperas (ONU, s/f). En ese sentido, es labor fundamental de los gobiernos en cualquiera de sus ámbitos, lograr que todas y todos, sin importar su poder adquisitivo, su género, creencias o condiciones físicas, tengan acceso a los servicios de salud tanto a niveles básicos como especializado, lo mismo para la asistencia sanitaria.

El municipio de Temascaltepec cuenta con una cobertura suficiente de los servicios de salud, ya que 82.3%, es decir, 28,817 de las y los Temascaltepequenses se encuentran afiliados a alguno de éstos, mismos que se brindan en los 16 establecimientos que se encuentran en la geografía municipal.

De acuerdo con cifras del INEGI (2020) y del IGECEM (2020), el Estado de México cuenta con 24,495 médicos de los cuales 59 prestan sus servicios en Temascaltepec, de estos, 34 son generales, 4 ginecobstetras, 2 pediatras y 1 cirujano. En consonancia con esta información, el municipio cuenta con 1.69 médicos por cada mil habitantes.

La infraestructura con la que cuenta Temascaltepec es de 16 establecimientos (0.85% del total en el Estado de México) de los cuales, 15 corresponden a consultas externas y 1 es un Hospital General; de estos, 13 son ISEM, 1 es DIFEM, 1 es IMSS y 1 es ISSEMyM. Por otro lado, se cuenta con 33 consultorios: 23 generales, 5 dentales, 1 de ginecobstetricia y 4 no especificados. Estos consultorios responden al 0.44% de los consultorios que se encuentran en el Estado de México.

IV.2.2.3.4 Vivienda

Según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 que realiza el (INEGI, 2020), en Temascaltepec hay 11,918 viviendas, de las cuales, 8,632 se encuentran habitadas, mismas que representan el 0.2% del total estatal. Las estimaciones de INEGI (2020), señalan que existe una cobertura casi del 100% en lo que respecta los servicios de agua potable (96.5%), electrificación (98.4%) y drenaje (82.3%).

Con respecto a los materiales de construcción (Tabla 85), y los bienes materiales (Tabla 86), las viviendas del municipio en comento presentan las siguientes características.

Tabla 85. Viviendas particulares habitadas por características en materiales de construcción, 2020

Materiales de construcción de la vivienda	Número de viviendas particulares habitadas	%
Piso de tierra	475	5.50
Piso de cemento o firme	7,044	81.60
Piso de madera, mosaico u otro material	1,099	12.73
Piso de material no especificado	0	0

Tabla 86. Viviendas particulares habitadas según bienes materiales con los que cuentan, 2020

Tipo de bien material	Número de viviendas particulares	%
Radio	4,497	52.10
Televisión	7,228	83.73
Refrigerador	5,133	59.46
Lavadora	4,125	47.79
Teléfono	396	4.59
Automóvil	3,159	36.60
Computadora	974	11.28
Teléfono celular	5,871	68.01
Internet	1,434	16.61
Sin ningún bien	476	5.51

Finalmente, de acuerdo al Sistema Nacional de Información Municipal, en Temascaltepec hay registro de 35,013 ocupantes, con un promedio de ocupantes por vivienda de 4.0.

IV.2.2.3.5 Desarrollo Regional

Temascaltepec se encuentra en el noveno lugar de los doce municipios que conforman la Región XIX, por lo que es imprescindible impulsar estrategias que coadyuven a que la población obtenga un mejor ingreso económico.

Un aspecto que debe subrayarse y priorizarse es el relativo a la pobreza, pues de acuerdo con el análisis realizado, Temascaltepec es el cuarto municipio con mayor pobreza en la Región; con más del 55% de la población en situación de pobreza moderada; mientras que el grado de rezago social para este municipio, es medio y el grado de marginación alto.

Tabla 87. Desarrollo Regional en Temascaltepec

Población total	Ingreso per cápita	Índice de marginación	Pobreza municipal	Índice de rezago social
35,014	$1,279.14	Medio	62.44	Medio (0.20)

La Estadística Básica Municipal (IGECEM, 2019) señala que, en Temascaltepec, el sector de servicios concentra la mayoría de la población ocupada (41.75%). En segundo lugar, se encuentra el sector primario, es decir, en actividades agropecuarias, de silvicultura y pesca (39.29%), finalmente está el sector industrial (18.40%). Por lo que es importante fortalecer el sector económico más representativo del municipio a efecto de fortalecer sus actividades, disminuir desigualdades y promover una adecuada inserción laboral.

IV.3 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE

Existen numerosas definiciones de paisaje, que han ido evolucionado hasta determinarlo y centrarlo como un valor estético, como un recurso y como una combinación de elementos físicos, bioecológicos y humanos (véase Lowenthal 1962, González 1981a, Benayas 1992). Si consideramos al paisaje como el escenario de la actividad humana, cualquier acción artificial repercute inmediatamente en los factores perceptuales.

El paisaje puede identificarse como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas (Dunn 1974, MOPT 1993). Podemos, entonces, considerar al paisaje como la expresión espacial y visual del medio y entenderlo como un recurso natural, escaso y valioso.

El paisaje puede estudiarse como indicador ambiental o cultural, pero al aproximarse a los componentes y procesos que ocurren en él, se va arribando a una visión sistémica o ecológica (Ramos 1979), por lo que, en este contexto, el paisaje se entiende como una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar en ella.

Es por ello que para poder evaluar la calidad visual del paisaje (CVP), se tienen que considerar distintos factores ambientales y antrópicos que lo componen, los cuales, se mencionan en la tabla inferior.

Tabla 88. Factores ambientales y antrópicos para la evaluación de la CVP.

FACTORES	
1.- Geomorfología (G)	5.- Color (C)
2.- Vegetación (V)	6.- Fondo escénico (E)
3.- Fauna (F)	7.- Singularidad o rareza (S)
4.- Agua (A)	8.- Actuaciones humanas (H)

IV.3.1Metodología

Para determinar la CVP, se evaluaron los ocho factores ambientales y antrópicos con una escala de cinco puntos que permite conocer de manera independiente el valor que representa para el ponderador cada uno de los elementos considerados que componen el entorno inmediato en toda la extensión del proyecto, en este caso el Área de Influencia. Para evaluar la calidad paisajística (CVP) actual, se utilizó una matriz con ocho factores representativos del paisaje visual mencionados en la tabla superior; dichos factores presentan cinco criterios con características distintas de calidad para así disminuir el sesgo de sobre o subvaloración de algún factor. La ponderación de los factores se realiza desde un punto estratégico, tratando de cubrir el mayor alcance visual, naturalmente a consideración del propio ponderador. El observador debe tener un conocimiento general en cada uno de los factores a evaluar con el objetivo de lograr conseguir una calificación apropiada.

Tabla 89. Matriz utilizada en campo para evaluar la CVP.

Factores	Criterios para la calidad visual del paisaje				
	Muy alta	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy baja**
Geomorfología (G)	Relieve muy montañoso marcado y prominente, con riscos, cañadas, cañones, o bien, relieve de gran variedad superficial o sistema de dunas o presencia de algún rasgo muy singular.	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, poco o ningún detalle singular.	Relieve suave, pero sin formar un valle en toda su extensión. Se muestran algunas depresiones o formaciones rocosas esporádicamente.	Relieve muy bajo formando extensas planicies, pero sin depresiones, cañones o cañadas que le agreguen un mayor atractivo visual.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Vegetación (V)	Gran variedad de ecosistemas con especies altamente llamativas, formas, textura y coloración interesantes. Cubierta vegetal sin alteración antrópica.	Uno o más ecosistemas, pero con especies vegetales interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra aparentemente inalterada.	Solo un tipo de comunidad vegetal, pero con formaciones y crecimiento de las especies vegetales que resultan interesantes visualmente. La cubierta vegetal se muestra ligeramente alterada.	Presencia de uno o varios tipos de ecosistemas con o sin formaciones interesantes en sus especies vegetales, pero con su cubierta vegetal considerablemente alterada.	Ausencia de vegetación autóctona o una gran parte de la superficie visual se encuentra desprovista de vegetación restándole casi en su totalidad la calidad del paisaje.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Fauna (F)	Presencia visual o auditiva de fauna de forma permanente en el lugar. Especies altamente llamativas. Alta riqueza de especies.	Mediana presencia de fauna con valor visual y auditivo que aumenta la calidad del paisaje	Baja abundancia (aunque constante) de fauna llamativa visual o auditivamente.	Presencia esporádica de fauna en el lugar. Especies poco vistosas, o baja riqueza de especies.	Ausencia visual o auditiva de fauna de importancia paisajística.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Agua (A)	Elemento que realza considerablemente la calidad visual del paisaje. Puede presentarse como lagunas, lagos, ríos, arroyos, cascadas, etc. El agua se muestra limpia y libre de contaminantes de origen antrópico.	Elemento que realza medianamente la calidad visual del paisaje. Los cursos o cuerpos de agua no resultan tan espectaculares ni contrastan fuertemente con el resto de elementos paisajísticos. El agua se muestra limpia y libre de contaminantes de origen antrópico.	Corrientes o cuerpos de agua de bajo orden (pequeños) que contrastan ligeramente con el paisaje. El agua se muestra limpia.	Corrientes y/o cuerpos de agua poco contrastantes. Sus aguas se muestran con elementos contaminantes que deterioran la calidad visual y olfativa del paisaje.	Corrientes o cuerpos de agua ausentes o poco perceptibles. Las aguas se encuentran altamente contaminadas restándole significativamente la calidad visual y olfativa al paisaje.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Color (C)	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entre suelo, cielo, vegetación, roca, agua y nieve. Este factor se ve altamente	Combinación interesante de colores que agregan un importante valor a la calidad visual del paisaje, pero no se muestra como factor dominante.	Mediana variedad de colores que contrastan armoniosamente en el paisaje.	Colores medianamente contrastantes aunque con poca variedad.	Pocos colores presentes y de tonalidades apagadas. Muy bajo contraste entre colores.

Factores	Criterios para la calidad visual del paisaje				
	Muy alta	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy baja**
	dominante en el paisaje.				
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Fondo escénico (E)	El paisaje circundante ejerce una muy alta influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una alta influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una mediana influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce una baja influencia positiva a la calidad visual.	El paisaje circundante ejerce muy baja influencia positiva a la calidad visual.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Singularidad o rareza (S)	Alta singularidad y rareza a nivel regional. Hay una alta armonía y contraste entre los distintos elementos distintivos del paisaje.	Algo común en la región. Los elementos característicos del paisaje se tornan medianamente armoniosos.	Bastante común en la región, aunque a nivel local suele tornarse ligeramente heterogéneo.	Presenta singularidad solamente a nivel de algunos elementos que componen el paisaje inmediato, pero a nivel regional resulta casi como un paisaje homogéneo.	No presenta rareza o singularidad a nivel regional
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**
Actuaciones humanas (H)	Libre de intervención o modificación humana	La calidad escénica natural se encuentra modificada ligeramente llegando a ser poco perceptible a simple vista	La intervención humana es evidente a simple vista. Los elementos antrópicas resultan medianamente negativos a la calidad visual.	Los elementos antrópicos resultan abundantes restándole fuertemente la calidad al paisaje	La calidad del paisaje se ve completamente dominado por elementos de origen humano que afectan negativamente su valor visual.
	Valor= 5	**Valor=4**	**Valor=3**	**Valor=2**	**Valor=1**

Para disponer la asignación de los valores a cada factor, se desarrolló una escala de cinco puntos (valor) correspondientes a cinco criterios para una mayor precisión al momento de evaluar; ya con los criterios, se elaboró una escala cualitativa y cuantitativa según el rango mínimo (8 puntos) y máximo (40 puntos) de calidad de acuerdo a un paisaje en óptimas condiciones o en completo estado de perturbación, degradación y fragmentación.

Tabla 90. Escala elaborada para determinar la CVP.

CATEGORÍA	PUNTUACIÓN (VALOR)
Muy alta	33.6-40
Alta	27.2-33.5
Media	20.8-27.1
Baja	14.4-20.7
Muy baja	8-14.3

IV.3.2 Sitios de evaluación del paisaje

Se efectuó la evaluación del paisaje en 10 sitios del AI, tal como se muestra en la Figura 120. Asimismo, se presenta el cadenamiento y sus coordenadas de ubicación en la Tabla 91.

Tabla 91. Puntos de evaluación del paisaje

Punto de evaluación	Cadenamiento	X	Y
P1	31+000	408636.0708	2120883.597
P2	34+000	407009.9215	2120088.274
P3	34+700	406467.0843	2119682.256
P4	38+400	405405.9999	2117757.767
P5	44+500	402041.1767	2115738.681
P6	49+000	399595.355	2112918.704
P7	51+200	398284.5471	2112090.179
P8	53+000	397177.2964	2111624.784
P9	55+600	395085.6693	2110800.002
P10	71+900	2105709.632	2105709.632

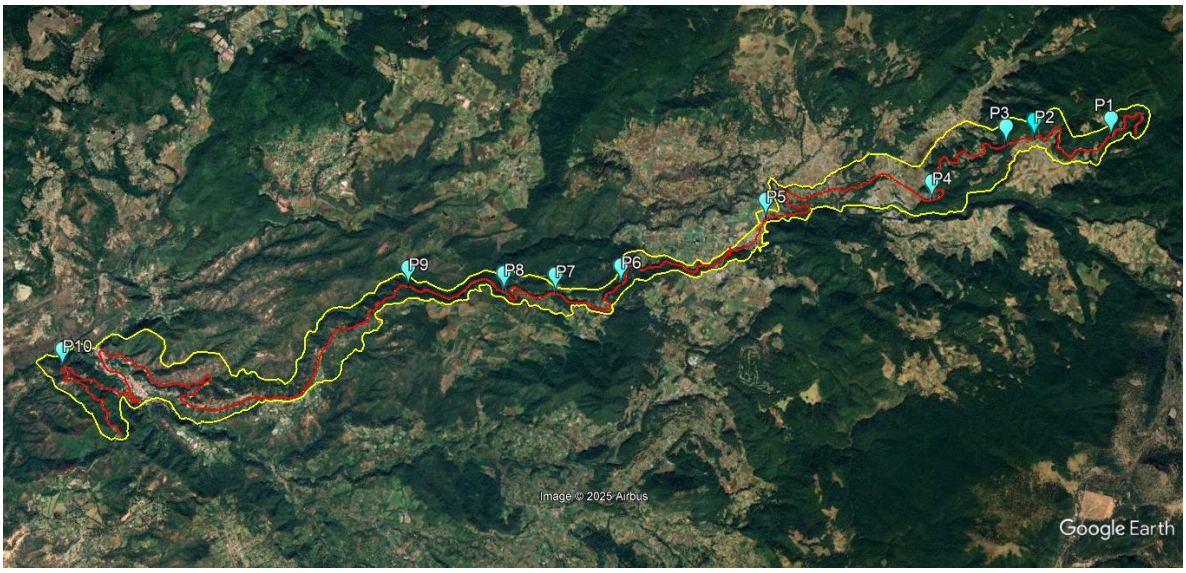


Figura 120. Ubicación sitios de evaluación del paisaje en el AI

IV.3.3 Resultados

De acuerdo a los resultados de la evaluación del paisaje, se obtuvo un promedio general de **23** lo cual corresponde a un valor de calidad **MEDIA** para el área de influencia delimitada para el proyecto.

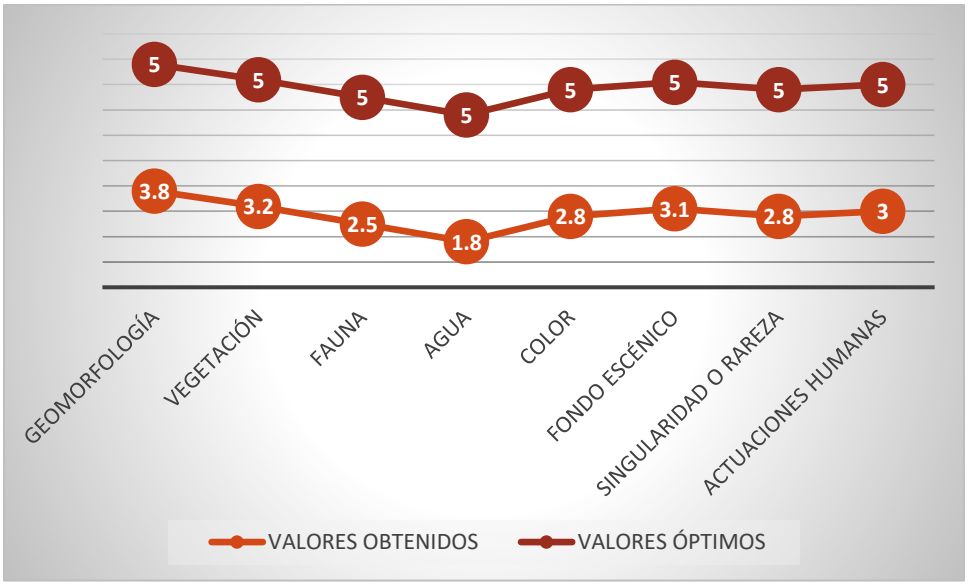


Figura 121. Valores de los factores evaluados en los sitios muestreados

El área de influencia delimitada para el proyecto refiere a una mezcla de entornos rurales, rurales-urbanos, y forestales, que influyen en los factores ambientales, sociales y antrópicos que interactúan en dicha AI y por tanto determinan las características y condiciones del paisaje existente.

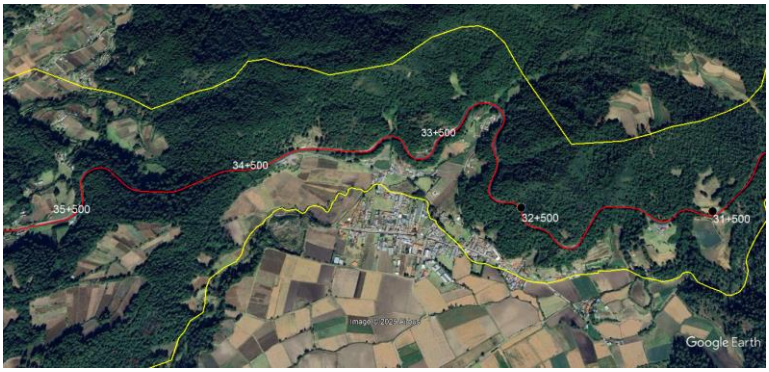
Así, a lo largo del trazo del proyecto, en el área de influencia se observaron 3 condiciones principales en lo que a las cuencas visuales se refiere:

1. **Zonas rurales-urbanas**, las cuales se refieren a una mezcla de estos entornos; principalmente, en las inmediaciones de la cabecera municipal prevalece la imagen urbana, observándose un nivel de urbanización derivada de procesos de transformación, estilo arquitectónico, mobiliario urbano, movilidad, espacios públicos, valor y condiciones físicas de los espacios públicos, mismos que son influenciados por la modernidad características propias del lugar, y en donde por ende, el paisaje natural ha sido modificado en gran medida. De acuerdo a ello, en esta zona no se contempló un sitio de evaluación del paisaje, ya que en primera instancia, en el tramo que compete a la cabecera municipal no existirá ampliación de la carretera en operación y por tanto, no se modificará el paisaje adyacente, además que, como se mencionó en párrafos anteriores, el entorno es prácticamente urbano y las condiciones naturales se han modificado y/o eliminado de manera significativa. Esta condición ocurre entre los cadenamientos 66+800 al 70+800 aproximadamente.



Figura 122. Vista del paisaje en la cabecera municipal de Temascaltepec

2. **Zonas rurales-forestales**, en donde las comunidades vegetales se ven limitadas o coexisten con áreas en las que ha existido un cambio de uso de suelo para dar paso a terrenos agropecuarios, o bien, áreas totalmente desprovistas de vegetación en donde únicamente prevalecen las áreas agrícolas.
   En la mayoría de los sitios determinados, el paisaje muestra aun elementos relevantes, entre los que destaca la vegetación forestal, lo cual realza las cuencas visuales, sin embargo, importantes superficies forestales se han visto reducidas principalmente por áreas agrícolas. Esta condición se observa desde el cadenamiento 31+400 al 52+500 principalmente, donde la vegetación corresponde a bosques de pino, la cual se encuentra muy fragmentada en esta porción del AI.



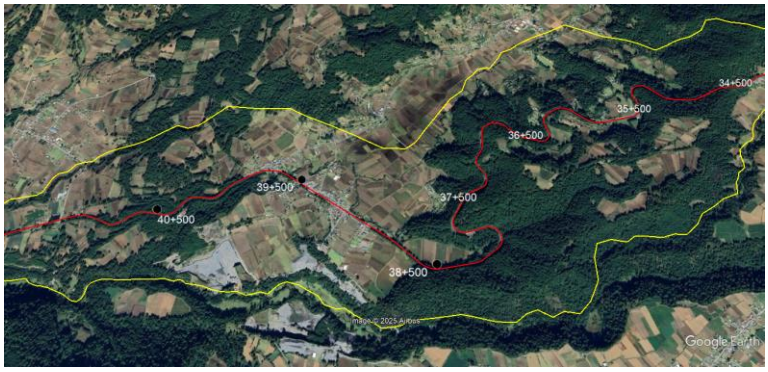


Tabla 92. Paisaje fragmentado en el área de influencia

A esta condición pertenecen los sitos de observación P2, P4, P5 y P7.

En estos sitios la geomorfología corresponde a sistemas de lomeríos de basaltos; específicamente en algunos puntos el relieve es suave, pero sin formar un valle en toda su extensión, mientras que en otros se aprecian colinas suaves, con fondos de valle planos, mismos que han sido empleados para el cultivo, principalmente de temporal.

Por su parte, es en dichas colinas en donde se aprecian los fragmentos de vegetación, que corresponden a bosque de pino en diversos estados de conservación, que muestran formaciones interesantes, pero en algunos puntos, la cubierta vegetal se encuentra considerablemente alterada.

En el sitio P2, la vegetación únicamente se desarrolla hacia el costado derecho de la carretera en operación, en las zonas con pendiente que forman parte de las colinas; al costado contrario, únicamente se muestran franjas de vegetación de borde, que separan la carretera de los extensos campos de cultivo. Misma situación, pero a la inversa se presenta en el sitio P4, donde la geomorfología plana ha facilitado el establecimiento de zonas de cultivo, y la vegetación se extiende hacia el costado izquierdo de la carretera en distribución lineal o de borde.

En el sitio P5 la vegetación ha sido eliminada en su totalidad, de tal forma, la ausencia de vegetación o el hecho de que una gran parte de la superficie visual se encuentre desprovista de vegetación, le resta calidad del paisaje. Mientras que en el punto P7 la comunidad corresponde a bosque de pino-encino, sin embargo, ésta se encuentra en estado secundario y alterada por la introducción de cultivos de aguacate, los cuales, a pesar de las pendientes existentes, se han adaptado al relieve, propiciando la eliminación de la cubierta natural.



P2



P4



P5



P7

Figura 123. Vista de la condición general en los sitios de evaluación del paisaje forestal-rural

Tal condición ambiental está estrechamente relacionada con la presencia de fauna silvestre, la cual, es esporádica en estos sitios, constituyéndose de especies poco vistosas, o baja riqueza de especies; el grupo más representativo en estas zonas es el de las aves.

Por otra parte, a pesar de que en el SAR son numerosas las corrientes perennes e intermitentes, en el área de influencia, y específicamente en los puntos de evaluación del paisaje en comento, no se aprecian cuerpos de agua, por lo que no es un componente que sume a la calidad paisajística.

Entre el inicio del tramo y el cadenamiento 45+700 son dominantes los bosques de pino, incluso en algunos sitios, estos bosques son monoespecíficos. Por tanto, no existe una gran variedad de colores, ni contrastes interesantes, aunado a que esta vegetación se encuentra fragmentada por los campos agrícolas, en donde incluso son pocos los colores presentes.

En general, los sitios evaluados no presentan rareza o singularidad a nivel regional; aquellos en donde prevalecen fragmentos forestales presentan singularidad solamente a nivel de los elementos de vegetación que componen el paisaje inmediato, que sin embargo, a nivel regional resultan en un paisaje homogéneo. Además de ello, en todos los sitios se observan elementos de origen humano, de inicio considerando la actual carretera, mientras que en sus colindancias se presentan campos agrícolas, caminos de terracería, casas de asentamientos humanos, lo cual le resta calidad al paisaje y afectan negativamente su valor visual.

Cabe destacar que, en estos sitios, la ampliación de la carretera no contribuirá de manera superlativa a la modificación del paisaje; en las colindancias de la vía de comunicación, ya existe un cambio de uso de suelo, la vegetación ha sido reducida a fragmentos y el proyecto puede implementarse sin representar una alteración al paisaje original, siendo que este ya ha sido previamente modificado.

3. **Zonas forestales**, las cuales albergan bosques de pino y pino-encino, que representan ecosistemas en diversos estados de conservación, mismos que visualmente realzan la calidad del paisaje.

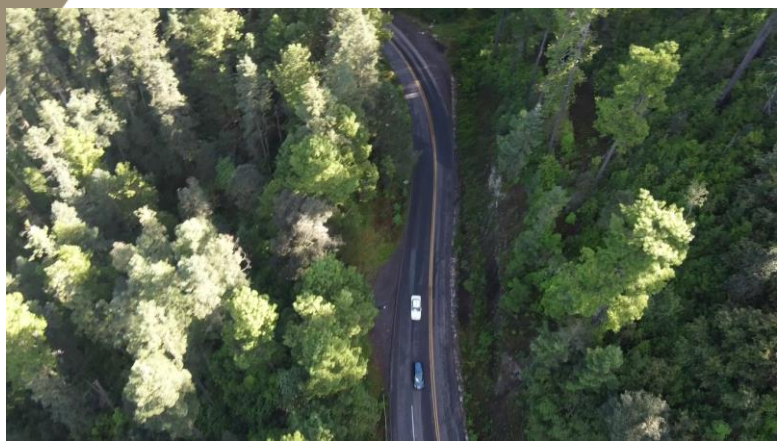
A esta condición pertenecen los sitios P1, P3, P6, P8, P9 y P10.

En estos sitios la geomorfología revela formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma, principalmente en los sitios P6 al P10, donde las topoformas corresponden a sierras altas complejas con cañadas.

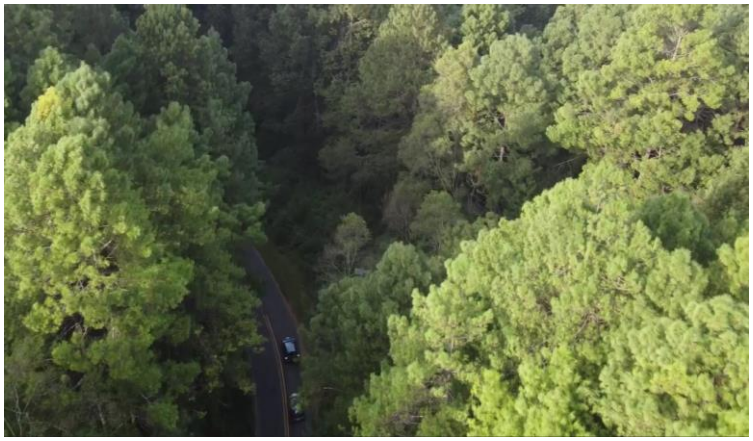
La vegetación se encuentra en mejor estado de conservación; en los sitios 1 y 3 aun corresponde a la zona dominada por bosque de pino, donde la cubierta vegetal se muestra ligeramente alterada, sin embargo, en el resto de los puntos de evaluación, los bosques de pino-encino existentes presentan especies llamativas en formas, textura y coloración, y aunque fuera de la superficie del AI, es decir en el SAR, se observan impactos antropogénicos importantes, en los sitios de evaluación la cubierta pareciera sin alteraciones, con excepción de la carretera existente.

Con respecto a la fauna, la presencia de la carretera y el constante flujo de vehículos hacen que la abundancia de especies sea baja, aunque en sitios más alejados de la vía de comunicación, su presencia es constante, principalmente en lo que al grupo de aves se refiere. Ello principalmente en los sitios P8 y P9 de evaluación, en donde el Rio Verde acompaña la carretera a una distancia

aproximada de 200 m al fondo de la cañada, lo cual resulta en un elemento que realza considerablemente la calidad visual del paisaje.



P1



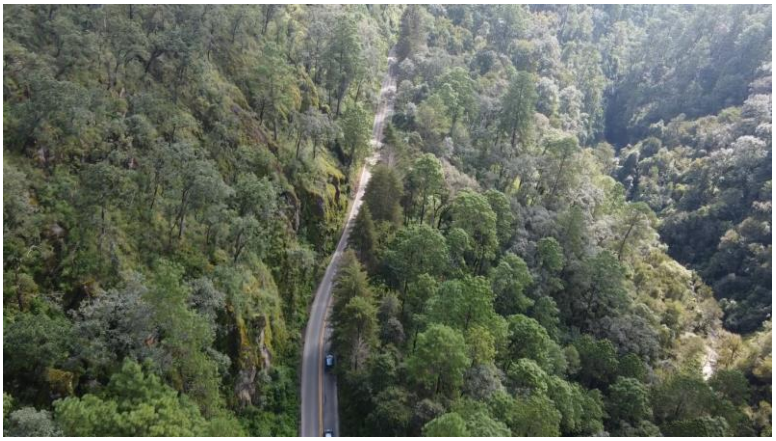
P3



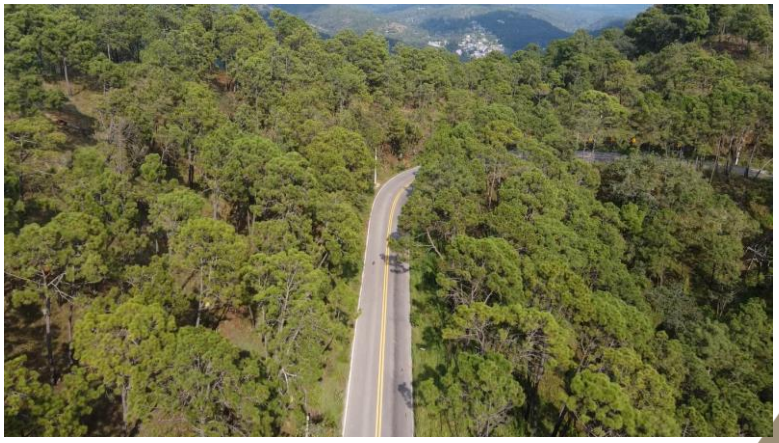
P6



P8



P9



P10

Figura 124. Vista de la condición del paisaje forestal

Como puede observarse en las imágenes de la Figura 124, existe una mediana variedad de colores que contrastan armoniosamente en el paisaje; particularmente en el sitio P8, las combinaciones de color son intensas y variadas, con contrastes agradables que dominan de manera positiva el paisaje del AI. En general en dichos sitios, el paisaje ejerce una alta influencia positiva a la calidad visual, donde si bien, las comunidades vegetales existentes son comunes en la región, los elementos presentes en el área de influencia se tornan armoniosos, y la calidad escénica natural se encuentran modificada ligeramente, llegando a ser poco perceptible a simple vista, con excepción de la carretera existente y en operación, cuya ampliación incrementará la modificación del paisaje.

IV.4 ÁREAS DE IMPORTANCIA BIOLÓGICA

El SAR del proyecto se ubica en diversas áreas de importancia biológica, entre estas: El Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, APFF Nevado de Toluca, y la RTP Nevado de Toluca.

- Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec

El Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, se estableció mediante Decreto Presidencial por el que se declaró como Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México, publicado en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el día 15 de noviembre de 1941. Mediante Acuerdo publicado en el D.O.F. el día 23 de junio de 2005, se le categorizó como Área de Protección de los Recursos Naturales, ello con la finalidad de dotar al Área Natural Protegida con una categoría acorde con la legislación ambiental vigente.

El Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, abarca una superficie de 140,234.42 hectáreas y se ubica en los municipios de Amanalco, Donato Guerra, Ixtapan del Oro, Otzoloapan, San Simón de Guerrero, Santo Tomas, Temascaltepec, Valle de Bravo, Villa de Allende, Villa Victoria y Zinacantepec.

El objetivo principal del Decreto por el que se estableció el Área Natural Protegida y que concuerda con la categoría de Área de Protección de los Recursos Naturales con la que fue dotada, es la protección de los macizos forestales captadores de agua en las cuencas hidrológicas en las que se originan los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, así como proteger los suelos y recuperar su vocación forestal, y preservar los ecosistemas representativos y la alta diversidad biológica presente en el Área.

El Área Natural Protegida (ANP) también se caracteriza por su belleza paisajística y sus atractivos turísticos que son el resultado de proteger dentro de ella importantes relictos de bosque mesófilo de montaña y selva baja caducifolia, así como macizos forestales de pino – encino, pino, encino, oyamel y bosques de galería. De estos ecosistemas depende la existencia de 2,596 especies de plantas y 879 de fauna, muchas de ellas endémicas y 76 de ellas listadas en alguna categoría de riesgo.

Sin embargo, esta ANP es sujeta varias perturbaciones: el crecimiento urbano, tala clandestina, plagas incendios forestales, ampliación de la frontera agrícola, pastoreo, malas prácticas de turismo, extracción de materiales, entre otros, son los principales problemas que se han detectado en el APRN (Torres, 2025).

- Incendios

Durante el periodo del 2004 al 2017 se presentaron 4,174 incendios, afectando una superficie de 10,953.05 hectáreas, lo que representa el 7.8 % de la superficie total del Área de Protección de Recursos Naturales (SIRCA - CONANP, 2018).

Para el periodo 2013 – 2017, se registró que la mayoría de los incendios fueron de tipo superficial, afectando los estratos arbustivo y matorral. Los principales ecosistemas afectados fueron los bosques de coníferas. Las causas más comunes fueron las quemas agropecuarias, fogatas o causas intencionales. Los municipios con el mayor número de incendios para el periodo 2013 – 2017 fueron: Valle de Bravo con 350 incendios, Temascaltepec (199), Amanalco, (166), Donato Guerra (159) y Villa de Allende (121) (SIRCA - CONANP, 2018).

- Tala

No se tienen datos precisos sobre la tala clandestina en el APRN, pero en el programa de manejo, fuentes hemerográficas y diversos artículos se ha determinado que es un problema que afecta a la vegetación de la zona. La extracción de madera y resinas para su venta es principal causa de la tala en el área protegida.

- Plagas

De acuerdo a información proporcionada por la CONAFOR (Gerencia Estatal del Estado de México), para el periodo 2014 – 2018 en los municipios que conforman el ANP, se tiene detectada la incidencia de plagas, mayormente de los descortezadores: *Dendroctonus mexicanus, D. adjunctus, D. frontallis, D. parallelocollis; Phloeosinus baumann*i y *Scolytus mundus.*

Los insectos descortezadores son una plaga de importancia que afecta anualmente superficies y volúmenes considerables de vegetación de pino en el país, causando la pérdida de cobertura vegetal, alterando los ecosistemas, afectando la fijación de carbono y disminuyendo la captación de agua. Con base en información registrada durante el 2015 y enero de 2016, para la "Alerta temprana y Evaluación de Riesgos para Insectos Descortezadores", se determinó que el Estado de México presenta un riesgo alto (CONAFOR, 2016).

En el periodo 2014 – 2018 en los municipios que conforman el ANP se registró una superficie total afectada de 324.5 ha, con un volumen de arbolado afectado de 13,892.96 m3.

- Eventos hidrometereológicos

De acuerdo a información del Centro Nacional de Prevención de Desastres, los municipios que conforman el Área Natural Protegida, presentan riesgos por la ocurrencia de fenómenos hidrometereológicos tales como inundaciones, tormentas de granizo, tormentas eléctricas y sequías (CENAPRED, 2018):

Inundaciones: los municipios con un riesgo medio de inundación son Ixtapan del Oro, Villa de Allende, Villa Victoria y Temascaltepec.

Tormentas por granizo: los municipios de Ixtapan del Oro, Santo Tomás, Valle de Bravo, Amanalco, Temascaltepec, Villa Victoria y Donato Guerra, presentan un índice de peligro muy alto y en el resto de los municipios es alto.

Deslaves y tormentas: los municipios de Temascaltepec, Amanalco, Villa de Allende y Villa Victoria presentan un índice de peligro muy alto y en el resto de los municipios es alto. En este caso, en el año 2010, la ocurrencia de lluvias durante 72 horas continuas, ocasionaron 19 deslaves en la carretera Toluca – Temascaltepec, dejando incomunicados los municipios de Temascaltepec, Valle de Bravo y Amanalco (La Jornada, 2018). Se tiene identificado que los daños que originan los deslaves son de tanto de orden social como económico: pérdidas humanas, daños a carreteras, inundaciones (por engrosamiento y desborde de cauces), sedimentación de ríos, pérdida de cobertura vegetal, caída de árboles, cambios en los sistemas de drenaje naturales y artificiales; sedimentación, salinización, contaminación y erosión de tierras (PNUMA, 2002).

- Agricultura

La principal actividad económica en el Área de Protección de Recursos Naturales es la agricultura. En los 11 municipios en los cuales se ubica el Área de Protección de Recursos Naturales, la agricultura abarca una superficie de 92,775 ha, de las cuales 81,193 ha corresponden a agricultura de temporal, este tipo predomina en el ANP. Lo que más se cultiva es el maíz de grano, el cual abarca una superficie de 63,732.77 ha lo cual representa el 68% del territorio dedicado a agricultura. Le siguen en menor proporción la avena forrajera verde 9,254 ha (9%) y el aguacate 3,718 ha (4%) (SIAP, 2018).

En Temascaltepec la agricultura abarca una superficie de 9,323 ha, predomina la de temporal con 7,381 ha. Las especies que se cultivan son: Maíz grano, aguacate, avena forrajera en verde, agapando, chícharo, alcatraz, café, cereza, calabacita, caña de azúcar fruta, col (repollo), crisantemo, durazno, elote, gladiola, guayaba, haba verde, limón, maíz forrajero en verde, naranja, papa, pastos, tomate rojo (jitomate) y tomate verde. El principal cultivo es el maíz grano, para el cual en el año 2017 se sembraron y cosecharon 4,965 ha (53.2%), le siguen en menor proporción el aguacate con 1,489 ha (15.9%) y la avena forrajera en verde con 942 ha (10%).

El cambio de uso de suelo para dar paso a campos de cultivos ha promovido la eliminación de importantes superficies forestales, tanto en el SAR como en el AI delimitada para el proyecto.

A dicho respecto, el proyecto en comento no contempla, involucra, o pretende incrementar ninguno de los eventos o problemática antes mencionadas, las cuales son la mayor causa de detrimento en los ecosistemas del área natural protegida; por el contrario, se trata de mejorar las condiciones de una carretera existente y en operación, favoreciendo la conectividad y accesibilidad territorial, con criterios de inclusión social, sostenibilidad y eficiencia para garantizar la movilidad de personas y mercancías, ello considerando en todo momento la protección de los ecosistemas existentes, al tratarse de una zona que conjunta la existencia de altos valores ambientales como son los bosques, ríos y biodiversidad, y por tanto, el proyecto prevé no solo medidas de prevención para evitar en la medida de lo posible la ocurrencia de impactos ambientales, sino, contempla medidas de compensación, que buscan mejorar incluso la condición actual de algunos componentes ambientales, principalmente en lo que se refiere a cobertura vegetal.

En dicho contexto, conforme a un estudio de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación, realizado para el periodo de años de 1973 a 2000, en la Cuenca Valle de Bravo – Amanalco (abarcando 61,561 ha), para el año 2000 el bosque de pino perdió 3,771.4 ha, el bosque de oyamel 226.53 ha, el bosque de encino 191.97 ha y el bosque mesófilo de montaña 2.61 ha (CONABIO, 2008).

Para ese periodo de 27 años, se determinó una pérdida de 4,190 ha de bosque y un aumento en la superficie para agricultura de temporal de 4,596 ha, en la cuenca (CONABIO, 2008).

Otro estudio desarrollado para la Cuenca Valle de Bravo – Amanalco, para el periodo de fechas 1980 a 2000 (se indica una superficie de 600 km2), concluye que los cambios que se presentan en los diferentes tipos de bosques (clasificados como pino, mixto y latifoliadas) se deben a su transición mayormente a la agricultura y en proporción menor a los asentamientos humanos, siendo el bosque de pino el de mayor transformación hacia la agricultura (Vega y Márquez, 2007).

A pesar de ello, y por el contrario, de acuerdo a diversos estudios efectuados en la región, también se ha podido determinar que la recuperación de la cobertura vegetal es posible a partir de densificación forestal, reforestación y forestación. Cabello (2016), determinó en un análisis de cambios de uso de suelo para el periodo 1994-2004, que en el APRN existió una recuperación del 2.08% de la superficie (6,380 ha) de la zona, que corresponden a una recuperación de la cobertura forestal propiciada por la densificación y revegetación del área de estudio; asimismo, para el periodo 2004 al 2009 existió la recuperación de 2.01% (6,161 ha); finalmente para el periodo 2009-2014, en dicho estudio, se determinó que el comportamiento positivo fue mayor, ya que se tuvo un porcentaje de recuperación de 3,170 ha, mientras que la alteración se presentó en solo 500 ha, dentro de los sitios de estudio determinados (Cabello, 2016).

De ello, se puede atribuir que las acciones de reforestación constituyen un proceso que ayuda a la ganancia en la densidad forestal, y en el presente proyecto, dichas acciones pretenden implementarse en una superficie de 381.74 hectáreas, y considerando además, la sucesión ecológica, las características estructurales y la composición florística de las comunidades vegetales que se distribuyen de manera natural en la zona.

Asimismo, el proyecto contempla la implementación de brechas cortafuegos en tramos estratégicos del derecho de vía, con la finalidad de evitar la ocurrencia de incendios derivados de malas prácticas de los usuarios de la vía de comunicación, además que, con la finalidad de contribuir a la conservación de los ecosistemas del área protegida, se efectuarán podas sanitarias, buscando disminuir la incidencia de plagas en las superficies afectadas actualmente.

- APFF Nevado de Toluca

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, dotada de esta categoría por decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de octubre de 2013, se localiza en el Estado de México, y comprende el volcán denominado Xinantécatl o Nevado de Toluca, el cual ocupa el cuarto lugar entre las cumbres más altas del país con una elevación de cuatro mil 680 metros sobre el nivel del mar.

Los ecosistemas presentes en el Área Natural Protegida son de vital importancia para el desarrollo de las poblaciones que habitan en la misma o en la Zona de Influencia, tal es el caso de los escurrimientos que nacen en las laderas del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca que aportan a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país, las de los ríos Lerma y Balsas.

La presencia de la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea permite la captación del agua pluvial, la cual, a través del follaje, hojarasca y raíces posibilita la penetración del agua al suelo y subsuelo, evitando al mismo tiempo la erosión de los suelos, y generando valiosos servicios

ambientales de influencia regional. Adicionalmente a su importancia como zona de recarga del acuífero, el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca ofrece otra serie de servicios ambientales dentro de los que destacan: regulación del clima del Valle de Toluca, refugio de especies, potencial de captura de carbono, adaptación al cambio climático y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, función de gran relevancia considerando que en la cercanía se ubican dos zonas industriales importantes, como lo son la zona industrial de Lerma y la de Toluca.

El Nevado de Toluca constituye un área biogeográfica relevante a nivel nacional, que es representativa de varios ecosistemas que requieren ser preservados y restaurados.

Sin embargo, desde décadas atrás existen diversas perturbaciones que han causado el deterioro de los bosques. La mayor problemática del ANP está relacionada con los incendios forestales, la tala inmoderada y plagas y enfermedades. De acuerdo con Franco et al., (2006a), la pérdida de cobertura forestal dentro del Área Natural Protegida ha estado vinculada a la proximidad de algunos núcleos de población que presentan un acelerado crecimiento, dando como resultado la necesidad de abrir nuevas tierras al cultivo y la urbanización, y ha representado un aumento de la demanda de recursos naturales para el autoconsumo, como es el caso de la extracción de leña o la colecta de hongos silvestres.

En este caso, el proyecto no pretende incrementar la problemática antes mencionada; en primera instancia, las obras y actividades que contempla el proyecto no se relacionan con los impactos referentes a la tala clandestina u ocurrencia de plagas y enfermedades, y por otra parte, la obra prevista incidirá en una superficie de tan solo 0.42 ha en la poligonal de esta área natural protegida, por lo que su intervención será mínima y no se espera cause impactos ambientales significativos.

Aunado a ello, el proyecto contempla la ejecución de medidas de mitigación y compensación, mismas que se describen con detalle en el capítulo VI de la presente MIA-R, con lo cual se busca contribuir a la preservación de las áreas naturales protegidas en las cuales se encuentra embebido.

- RTP Nevado de Toluca

La RTP 109 “Nevado de Toluca” se trata de una región prioritaria para la conservación debido a su diversidad ecosistémica derivada del gradiente altitudinal de la región, en la que predomina como tipo de vegetación el bosque de pino, el de oyamel y la pradera de alta montaña.

Su diversidad ecosistémica se considera media, pues alberga en su mayoría vegetación de bosque de pino, su integridad ecológica funcional es baja debido a la influencia de las zonas urbanas aledañas, su función como corredor biológico es bajo, mientras que la presencia de endemismos tiene un valor medio para anfibios (*Ambystoma sp.* y *Abronia sp*; mamíferos: *Neotomodon alstoni, Romerolagus diazi, Megadontomys sp, Peromyscus megalops*). La riqueza específica es alta sobre todo para vertebrados y de hábitats (CONABIO, s.f).

Sin embargo, al ser una zona rodeada de áreas urbanizadas, la presión sobre los ecosistemas es muy alta, principalmente por actividades agrícolas y pecuarias (CONABIO, s.f).

El proyecto en comento no pretende incrementar dicha problemática, ya que no refiere actividades relacionadas con agricultura o ganadería. Por el contrario, el proyecto contempla

una serie de medidas de compensación que buscan contribuir a la conservación de los ecosistemas, a través de acciones de restauración ecológica que comprende obras de conservación de suelos y reforestación, además de reforestación en zonas riparias de los cauces de agua, así como monitoreos de fauna de la especie *Danaus plexippus* (mariposa monarca), especie de importancia para la región.

Por lo que se puede concluir que el proyecto, el cual refiere a la modernización de una carretera existente y en operación, si bien no se encuentra entre las principales causas de detrimento o problemática que se presentan actualmente en las áreas de importancia biológica, la apertura de caminos si ha sido y es causante de cambio de uso de suelo, pérdida de cobertura vegetal y fragmentación del hábitat. Dichas superficies y coberturas vegetales que se ven reducidas por la construcción de caminos, se suman a los diversos cambios de uso de suelo que tienen lugar en la región, afectando a mayor escala el hábitat y diversidad de flora y fauna.

De tal forma, será imprescindible la ejecución de medidas de mitigación, entre las que se incluyan medidas preventivas, de reducción y remediación, cuya ejecución en tiempo y forma evite en la medida de lo posible la aparición de impactos ambientales, y en su defecto reduzca su magnitud, intensidad y superficie. Por otra parte, como se ha mencionado, se implementarán diversas medidas de compensación, que buscan como su nombre lo dice, subsanar la afectación derivada del proyecto, a través de acciones como la restauración ecológica, en la cual se efectuará la reforestación de 381.74 hectáreas por la afectación de 76.34 hectáreas forestales; dichas acciones incrementarán de manera importante la cobertura vegetal, no solo con respecto a la que se afectará por el proyecto, sino en una proporción mayor, buscando contribuir a la conservación de los ecosistemas de la región; asimismo, se efectuará la reforestación en zonas riparias de las corrientes perennes e intermitentes que intersecan con el proyecto, lo que de la misma forma incrementará la cobertura vegetal y reducirá la sedimentación y erosión hídrica; además de ello, se efectuarán labores de podas fitosanitarias en una superficie de 76.34 hectáreas, contribuyendo a la disminución de descortezadores, que actualmente afecta poblaciones importantes de bosque de pino; asimismo, se implementarán brechas cortafuegos en sitios estratégicos a los costados de la carretera, con lo cual se espera reducir el impacto ambiental correspondiente a los incendios forestales, el cual es un problema actual.

Por lo que cabe concluir que el proyecto, además de traer beneficios sociales y económicos derivados de la ampliación de la carretera, conlleva diversos beneficios ambientales, en los cuales se considera la protección y conservación de estos sitios prioritarios, además de acciones que pretenden incrementar el nivel de la calidad ambiental actual y contribuir a la recuperación de los servicios ambientales, de los cuales depende gran parte de la población del estado.

IV.5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

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 mismo (biotopo y biocenosis) y poseen una interdependencia natural. Su integridad funcional depende de la conservación de las complejas y dinámicas relaciones entre sus componentes.

El diagnóstico ambiental tiene como finalidad identificar y analizar las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro natural y el grado de conservación presentes en la porción influenciada del Sistema Ambiental Regional.

Una forma de estimar la calidad ambiental en dicho SAR, es mediante la aplicación de metodologías que involucren un conjunto de factores representativos del medio ambiente; tal es el caso de la metodología planteada para el presente apartado, la cual, corresponde a la evaluación de nueve factores ambientales, sociales y antrópicos desde un enfoque visual y con tendencia objetiva del entorno inmediato. Siendo así el diagnóstico ambiental (DA), uno de los elementos más importantes para conocer la calidad de los ecosistemas.

Tabla 93. Factores para evaluar el DA

FACTORES AMBIENTALES, SOCIALES Y ANTRÓPICOS
Geoformas
Suelo
Calidad del agua
Cubierta vegetal
Naturalidad de la vegetación
Presencia de ganado
Presencia de cultivos
Hábitat para la fauna (potencialidad)
Evidencia de penetración antrópica (casas, caminos, brechas, basura, etc.)

IV.5.1 Diagnóstico Ambiental en Base a la Ponderación de los Factores en Campo

La evaluación de estos factores se realizó sobre el trazo total del proyecto (sitio puntual) y colindancias (AI); una vez que se obtuvieron los datos de dicha evaluación, se puede interpretar el estado de la calidad ambiental (CA), esto con la intención de conocer el estado ambiental actual de la zona del proyecto y mostrar el escenario donde se pretende insertar las actividades de la obra.

La evaluación *in situ* (información recabada en campo) consiste en la ponderación de nueve factores ya mencionados bajo una serie de criterios (nivel de calidad-calificación) que permiten tener un acercamiento de las condiciones actuales del ambiente inmediato del sitio del proyecto y colindancias. Los resultados obtenidos, se calificaron con una escala cualitativa según los rangos mínimos y máximos de lo que sería un ambiente completamente perturbado o fragmentado o en condiciones óptimas.

Tabla 94. Escala para determinar la CA.

CATEGORÍA	PUNTUACIÓN
Muy alta	33.9-45
Alta	30.7-33.8
Media	23.5-30.6
Baja	16.3-23.4
Muy baja	9-16.2

A continuación, se presentan las coordenadas de ubicación de los sitios en los que se efectuó el Diagnóstico Ambiental (DA).

Tabla 95. Puntos de evaluación del DA

Punto de evaluación	Cadenamiento	X	Y
P1	31+000	408636.0708	2120883.597
P2	34+000	407009.9215	2120088.274
P3	34+700	406467.0843	2119682.256
P4	38+400	405405.9999	2117757.767
P5	44+500	402041.1767	2115738.681
P6	49+000	399595.355	2112918.704
P7	51+200	398284.5471	2112090.179
P8	53+000	397177.2964	2111624.784
P9	55+600	395085.6693	2110800.002
P10	71+900	2105709.632	2105709.632

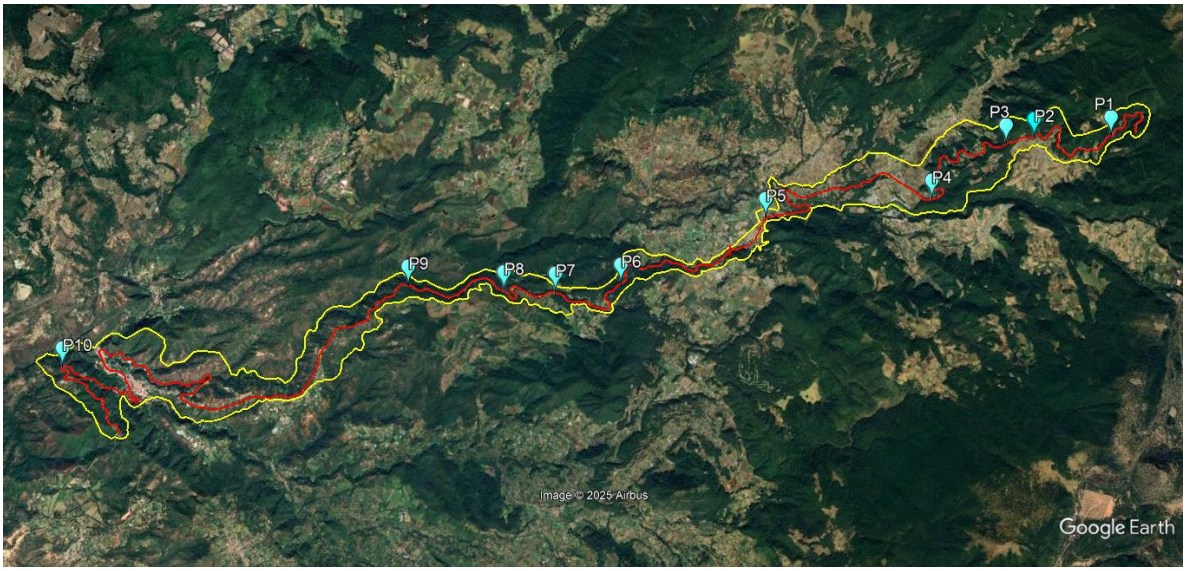


Figura 125. Ubicación sitios de evaluación del DA

IV.5.2 Resultados

El resultado total de la evaluación *in situ*, muestra que la condición ambiental para el SAR del proyecto es de una categoría **ALTA** con un valor de **31.4 puntos.**

Los resultados de la ponderación de los nueve factores evaluados en campo, se muestran en la tabla inferior, la cual contiene los criterios utilizados y los valores obtenidos en cada uno de los puntos de evaluación, así como los valores promedio para cada factor, valor total para cada sitio de evaluación y el valor total de la calidad ambiental para el trazo del proyecto y colindancias.

Tabla 96. Matriz utilizada para la evaluación in situ del DA.

Factores ambientales, sociales y antrópicos	Nivel de calidad	Calificación	Sitios de evaluación										Valor promedio
			S1	S2	S3	S4	S5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	
Geoformas	Original	5	4	3	3	2	2	4	3	3	4	4	**3.2**
	Escasamente modificadas	4											
	Moderadamente modificadas	3											
	Altamente modificadas	2											
	Totalmente modificada	1											
Suelo	Sin erosión	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	**3.5**
	Escasa erosión	4											
	Moderadamente erosionado	3											
	Altamente erosionado	2											
	Extremadamente erosionado	1											
Calidad del agua (De no existir cuerpos o corrientes de agua se evalúan posibles elementos que pudieran contaminar las aguas superficiales o subterráneas en época de lluvias)	Sin contaminación aparente	5	4	3	4	3	2	3	3	3	3	2	**3**
	Ligera contaminación	4											
	Moderada contaminación	3											
	Alta contaminación	2											
	Extrema contaminación	1											
Cubierta vegetal	Mayor al 100 %	5	4	2	4	2	1	4	3	4	4	4	**3.2**
	75 - 100 %	4											
	50 - 75 %	3											
	25 - 50 %	2											
	Menor Al 25 %	1											
Naturalidad de la vegetación	Sin vegetación inducida	5	4	2	4	2	1	4	3	4	4	4	**3.2**
	Domina la vegetación natural sobre la inducida	4											
	Igual vegetación inducida que la natural	3											
	Domina la vegetación inducida sobre la natural	2											
	Solo vegetación inducida	1											

Factores ambientales, sociales y antrópicos	Nivel de calidad	Calificación	Sitios de evaluación										Valor promedio
			S1	S2	S3	S4	S5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	
Presencia de ganado	Nula	5	5	3	5	5	2	5	4	5	5	5	**4.4**
	Escasa	4											
	Moderada	3											
	Alta	2											
	Muy alta	1											
Presencia de cultivos	Nula	5	5	1	5	2	1	5	2	5	5	5	**3.6**
	Escasa	4											
	Moderada	3											
	Alta	2											
	Muy alta	1											
Hábitat para la fauna (Potencialidad)	Potencial muy alto	5	4	3	4	3	1	4	3	4	4	4	**3.4**
	Potencial alto	4											
	Potencial medio	3											
	Potencial bajo	2											
	Potencial muy bajo	1											
Evidencia de penetración antrópica (casas, caminos, brechas, basura, etc.)	Nula	5	4	2	3	2	1	4	3	4	4	4	**3.1**
	Escasa	4											
	Media	3											
	Alta	2											
	Muy alta	1											
Valores de calidad ambiental total por cada sitio de evaluación/Valor total de la calidad ambiental del trazo del proyecto y colindancias			38	23	35	25	15	38	28	37	38	37	**<u>31.4</u>**

Los valores obtenidos de cada factor ambiental, social y antrópico, se muestran en la siguiente gráfica:

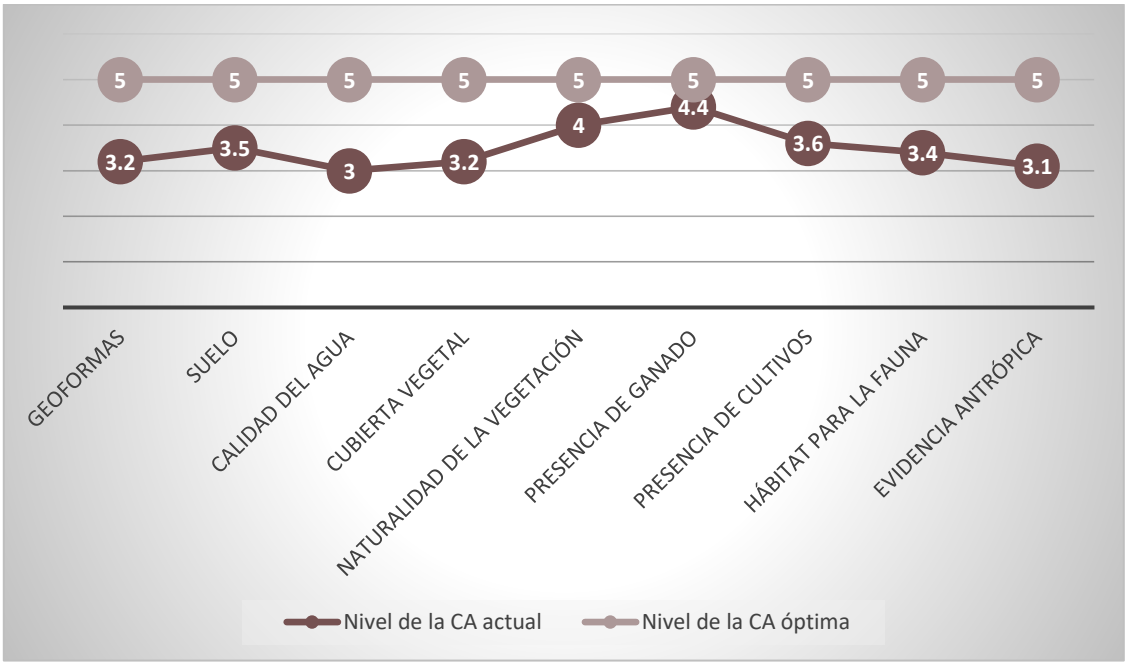


Figura 126. Valores totales por factor obtenidos en la evaluación in situ del trazo del proyecto y colindancias

El proyecto se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, el cual ha sido históricamente una región importante, debido a que, dentro de este se centran las principales actividades económicas, por lo que también se encuentran varias de las ciudades más pobladas de México. Sin embargo, esto ha ejercido demasiada presión sobre los recursos naturales, y en particular en el área de estudio, sobre los bosques templados, los cuales son uno de los ecosistemas que han sido más explotados por su importancia económica.

Así, las actividades que más incidencia tienen en el deterioro de los bosques templados tanto en el SAR, como en el Área de Influencia, son la agricultura, la tala clandestina, los incendios forestales y el cambio de uso de suelo para el establecimiento de asentamientos humanos. Como consecuencia de la perturbación de los bosques, potencialmente se han visto afectadas las poblaciones de fauna, así como los componentes abióticos que constituyen el ecosistema, principalmente el suelo y el agua.

De tal forma, a pesar de que el proyecto se ubica en parte de dos áreas naturales protegidas, principalmente en la denominada Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, y una porción mínima en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, la presión que han ejercido las actividades humanas sobre los ecosistemas son cada vez más evidentes; los cambios de uso de suelo y la extracción inmoderada de los recursos naturales han derivado en el deterioro y pérdida de ecosistemas.

Aun así, derivado de la evaluación de los 10 sitios muestreados a lo largo del área de influencia, la evaluación del Diagnóstico Ambiental obtuvo una valoración "**alta**"; ello se debe a que una porción significativa del proyecto transcurre por áreas que muestran un buen estado de conservación, en el que se conjunta la existencia de altos valores ambientales como son los bosques, ríos y biodiversidad de la zona. Mientras que en otros tramos, las áreas naturales

coexisten con localidades catalogadas por INEGI como de alta marginación, además de localidades, como la cabecera municipal de Temascaltepec, en donde se presenta una mayor capacidad económica. Este contexto le otorga a la zona una complejidad socio-ambiental que por un lado ofrece oportunidades para el desarrollo sostenible de la región, pero por otro, genera amenazas a la conservación de los recursos naturales.

De acuerdo a ello, los sitios evaluados presentaron diferente puntuación en lo que a la calidad de los factores bióticos y abióticos respecta.

La geomorfología obtuvo un promedio de 3.2 en la valoración del DA, es decir, en general el relieve se encuentra moderadamente modificado. De manera puntual, en los sitios de evaluación, la principal modificación refiere a la carretera existente; para su construcción se efectuaron cortes importantes en el terreno, así como la constitución de terraplenes. Por otra parte, en las colindancias de dicha vía de comunicación, existen sitios en los que el terreno natural ha sido escasamente modificado (S1, S6, S9 y S10), mientras que en otros, el relieve ha sido alterado en mayor medida derivado de la presencia de asentamientos humanos, campos agrícolas y caminos de terracería (S4 y S5). Asimismo, hay zonas en donde a pesar de las pendientes existentes, el terreno ha sido aprovechado por los habitantes de las zonas rurales para la siembra de cultivos permanentes, y a pesar del cambio de uso de suelo, el terreno no ha sufrido modificaciones significativas.



Figura 127. Cultivo de aguacate en relieve natural

Con respecto al componente suelo, la degradación de dicho factor es una gran amenaza para los recursos bióticos y viceversa; la pérdida de vegetación ocasiona la erosión del suelo, a la vez que la pérdida excesiva del suelo ocasiona la disminución de la capacidad para absorber agua y nutrientes, dando lugar a un ecosistema degradado. Así, el 93.12% del SAR delimitado para el proyecto presenta algún tipo de degradación en el suelo, mientras que en el AI, se determinó

que dicha degradación se presenta en grado moderado desde el inicio del proyecto hasta el cadenamiento 46+700 aproximadamente, y ésta corresponde a erosión hídrica con pérdida del suelo superficial y/o deformación del terreno causadas por deforestación y remoción de la vegetación, así como por sobrepastoreo; mientras que del cadenamiento 46+700 al final del trazo proyectado la degradación es química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica a causa de la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico. En el deterioro del suelo influye de manera importante la deforestación en pendientes pronunciadas y suelos frágiles, además del arado excesivo por agricultura.



Figura 128. Zonas agrícolas en terrenos con pendiente que favorecen los procesos de erosión

Respecto a otros aspectos ecosistémicos, en todas las regiones del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, el área de oportunidad más documentada es el abatimiento y contaminación de cuerpos de agua y ríos, así como la afectación del medio natural por la recolección y disposición de residuos sólidos no adecuados. Con respecto a los cuerpos de agua, en el SAR son importantes el número de corrientes tanto perennes como intermitentes, y en general en la región, los recursos hídricos presentan un valor estratégico para la provisión de servicios ambientales, siendo que se provee de agua potable a millones de personas en el centro del país.

En el área de influencia, las principales corrientes perennes corresponden al denominado Arroyo Hondo, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras y Río Verde. Todas estas tienen en común su nacimiento entre ecosistemas correspondientes a bosque de oyamel, bosque de pino, y pino-encino, que sin embargo conforme continúan su trayectoria atraviesan localidades y áreas agrícolas, lo que repercute en su calidad ambiental, ya sea por mala disposición de residuos sólidos urbanos, descargas de aguas residuales y arrastre de químicos empleados en las áreas de cultivo.

De tal forma, el componente hídrico se determina con “moderada contaminación”, lo cual se acentúa en el sitio 5 de evaluación, por la presencia de los asentamientos humanos, así como en el sitio 10, siendo que al noroeste del punto de evaluación, a una distancia de aproximadamente 2.5 kilómetros se ubica la Mina La Guitarra, de la cual se tiene registro de residuos arrojados por la actividad minera que han ocasionado problemas de contaminación en el cauce.

En lo que concierne a la afectación del medio natural por la recolección y disposición de residuos sólidos no adecuados, el impacto es consecuencia del crecimiento desorganizado, el cual también ha traído problemas entre los que se encuentran además de la incorrecta disposición de basura, la apertura de brechas y caminos no autorizados que generan erosión y fragmentación del hábitat, la contaminación del agua y pérdida importante de cobertura vegetal.



Figura 129. Mala disposición de residuos sólidos urbanos en el AI

Esta pérdida de cobertura vegetal refleja un proceso que ha ocurrido décadas atrás. Desde comienzos de la revolución industrial el cambio en el uso y ocupación del suelo se ha acelerado de manera importante. La demanda de alimentos y biocombustibles, ha provocado que la superficie agrícola aumente considerablemente, donde una buena parte se ha realizado a expensas de zonas forestales.

Este es el escenario que prevalece tanto en el SAR delimitado, como en el área de influencia, donde la vegetación original ha sido disminuida de manera importante en algunos segmentos, en otros existe una marcada delimitación de la vegetación con las zonas agrícolas, mientras que existen zonas que presentan un buen estado de conservación y una continuidad importante de los fragmentos forestales.

En los sitios de evaluación 1, 3, 6, 8, 9 y 10 la vegetación presenta una cobertura de entre el 75 a 100%, además de que en estos sitios no se presenta vegetación inducida. En los primeros dos puntos de evaluación (S1 y S3) la comunidad vegetal corresponde a bosque de pino, en donde si bien, la diversidad no es alta al tratarse de bosques casi monoespecíficos donde la especie dominante es *Pinus montezumae*, acompañada por individuos de *Pinus oocarpa* y *Alnus jorullensis*, la comunidad vegetal, al evaluarse de manera puntual, se encuentra en buen estado de conservación; aunque si bien, se observa a escala regional, puede notarse la fragmentación que han sufrido estos bosques a causa del cambio de uso de suelo para dar paso a áreas agrícolas.



Figura 130. Vista aérea puntual de los sitios de evaluación S1 y S3 en el AI

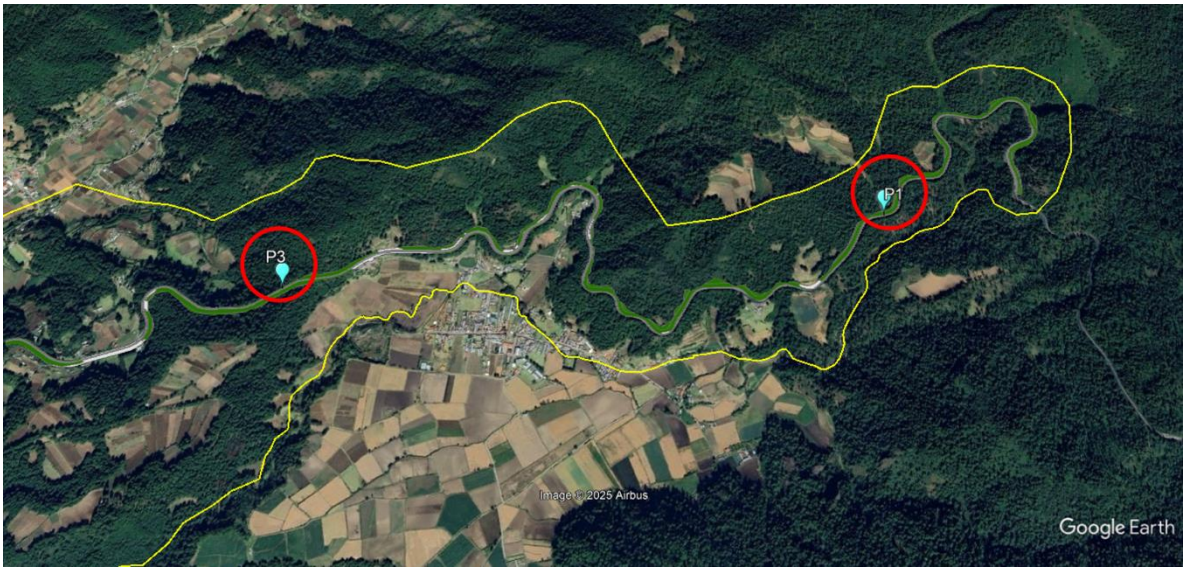


Figura 131. Vista satelital de los sitios de evaluación S1 y S3 en el AI

Por su parte, en el resto de los sitios mencionados, el tipo de vegetación característico es de bosque de pino-encino, los cuales albergan una mayor riqueza de especies, mayor continuidad ecosistémica y mejor estado de conservación; estos bosques cuentan con altos valores de conservación, con una diversidad importante de especies y un territorio que brinda servicios ecosistémicos fundamentales.



Figura 132. Vista del bosque de pino-encino en el sitio 8 de evaluación del DA

Finalmente, como se mencionó en párrafos anteriores, existen sitios en donde es evidente el cambio en la cobertura y uso de suelo como parte de un proceso dinámico y complejo que

vincula los sistemas naturales y humanos. Entre estos sitios se ubican los denominados S2, S4, S5 y S7. En estos, la deforestación derivada del cambio de uso de suelo con fines agropecuarios ha sido importante, y la vegetación natural se desarrolla hacia los costados de los asentamientos humanos, en las zonas con mayor pendiente, mientras que en las zonas de valles, la agricultura de temporal predomina en el paisaje. Esta transformación de bosques a usos antrópicos provoca menor infiltración de agua en el subsuelo y erosión del suelo, pérdida de hábitat para la biodiversidad y contaminación del agua.



S2



S4



S5



S7

Figura 133. Cambio de uso de suelo en el AI

En estos sitios la cobertura vegetal se determinó entre el 25 y 50%, o bien, menor al 25% en el caso del sitio 5, además de que en este punto domina la vegetación inducida sobre la natural. En estas zonas como es evidente, la presencia de cultivos es alta, mientras que el ganado se determinó con presencia de escasa a moderada.

A pesar de ello, se lograron registrar 86 especies de vertebrados, siendo las aves el grupo mejor representado con 62 especies, los reptiles son el segundo grupo con el mayor número de especies registradas con 10, seguido de los mamíferos con 9, mientras que de los anfibios únicamente se registraron 5 especies. De éstas, 11 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y representan el 13% del total de especies registradas,

los reptiles son el grupo con más especies consideradas en dicha norma, 4 están amenazadas (A) y 1 sujeta a protección especial (Pr), de los anfibios 2 especies se encuentran en la categoría de amenazada (A) y 1 como sujeta a protección especial (Pr), mientras que de las aves son 3 especies las que se consideran en dicha norma, 1 está amenazada (A) y 2 sujetas a protección especial (Pr).

En los 4 últimos sitios presentados, la evidencia de penetración antrópica es alta, con presencia de casas, caminos, brechas, basura, etc. Por el contrario, en los tramos en donde el proyecto colinda con vegetación forestal de bosque de pino, y pino-encino, la riqueza florística es muy importante, con un contingente de especies de alto valor para la conservación, además de que el bosque guarda una buena estructura ecológica, que brinda diversos servicios ambientales, tales como la fijación de carbono, protección y cubrimiento de suelos, provisión de agua de calidad y cantidad adecuada y belleza estética.

Cabe destacar que el proyecto contempla la remoción de vegetación forestal en una superficie de 76.34 hectáreas de las cuales 26.60 ha son de bosque de pino y 49.75 ha de bosque de pino-encino. A dicho respecto, en la poligonal del área natural protegida, el tipo de vegetación que más superficie abarca es el bosque de pino-encino, el cual abarca una superficie de 40,685.16 ha que representan un 23.53% de la superficie del ANP. El segundo tipo de vegetación más común es el bosque de pino, cubre una superficie de 3,022.46 ha, que representan el 17.48% de la superficie total de APRN. De acuerdo a ello, la superficie de afectación determinada para la línea de ceros del proyecto representaría el 0.8 % del bosque de pino del ANP, mientras que el 0.1 % de la vegetación de bosque de pino-encino.

Asimismo, las especies que resultarán afectadas se encuentran bien representadas tanto en el SAR delimitado para el proyecto, como en la poligonal del APRN; ello se debe a que la flora de alta montaña es resultado de diferentes tiempos y espacios de origen, mecanismos de dispersión y de sus propias adaptaciones paleoecológicas, asi como, por las condiciones físicas sumamente restrictivas, todo esto da como resultado que tengan una riqueza relativamente baja en comparación a otros tipos de vegetación más termófilos. Por lo que en dicho contexto, en el SAR, la riqueza de especies leñosas se restringe a algunas especies que fungen como taxones que se presentan de manera abundante y dominante, que constituyen bosques en algunos casos monoespecíficos, y que si bien se encuentran representados en las comunidades que se distribuyen en la superficie de CUSTF, y por ende, se efectuará la remoción de individuos, se puede establecer que esta remoción no comprometerá las poblaciones, no pondrá en riesgo la diversidad de flora, ni la dinámica natural de los ecosistemas.

Sin embargo, en un contexto regional, y dada la disminución de la cobertura vegetal que ha sufrido el área protegida en los últimos años por las diversas casusas antropogénicas, la disminución que será generada por el proyecto se suma al total de áreas que han sido desprovistas de vegetación a través del tiempo por el cambio de uso de suelo para la apertura de áreas agropecuarias, la tala inmoderada, los incendios, y los nuevos asentamientos humanos.

Es por ello que el proyecto contempla la Reforestación de 381.74 hectáreas, empleando para ellos especies nativas, buscando compensar la pérdida de las 76.34 hectáreas de CUSTF, promoviendo con ello la recuperación de cobertura vegetal, incrementando el nivel de la calidad ambiental actual y fomentando la recuperación de servicios ambientales que conllevan múltiples beneficios para las localidades cercanas. Asimismo, entre otras medidas se plantea la constitución de brigadas para realizar saneamiento forestal en una superficie de 76.34 hectáreas, con lo que se busca contribuir en atacar uno de los mayores problemas que el ANP

sufre en la actualidad, el cual corresponde a la presencia de plagas, específicamente de descortezadores, que actualmente afectan grandes superficies de boques de pino.

Los incendios son de particular relevancia en las regiones de Valle de Bravo, Malacatepec, Temascaltepec y Amanalco; la disminución de la superficie forestal se presenta en todas las regiones del ANP, por ello, como medida preventiva durante la etapa operativa se propone la implementación de barreras cortafuegos en sitios estratégicos del derecho de vía del proyecto.

Por lo tanto, una vez analizadas las características del medio biótico y abiótico tanto en el SAR, como en el área de influencia, así como la composición y estructura de la vegetación en la línea de ceros, valorando además los ecosistemas y el paisaje en cual se encuentra el proyecto, se puede concluir que existirán tramos en los que la modernización de la carretera no propicie impactos ambientales significativos, ya que en superficies importantes, principalmente al inicio del proyecto y hasta donde la vegetación corresponden a bosque de pino, existe un impacto humano de consideración, por tanto el bosque se encuentra fragmentado por las actividades agrícolas y los asentamientos humanos; mientras que en la porción que corresponde al bosque de pino-encino, el cual abarca una mayor superficie, mayor continuidad ecosistémica y menor afectación por las actividades antropogénicas, existirá una ampliación del efecto barrera y de la fragmentación del bosque por la superficie requerida para el proyecto, sin embargo, la afectación en comento será subsanada en gran medida, con la reforestación de 381.74 ha en compensación 5:1 a la superficie forestal afectada, además de otras medidas; entre ellas la estabilización de taludes y siembra de especies arbustivas en los terraplenes de la carretera reducirán el efecto barrera mencionado, y en conjunto con la reforestación de cauces, siembra al boleo de estas mismas zonas con especies arbustivas, propiciarán la restitución de la cobertura vegetal, aunado a la consideración de obras de drenaje como paso de fauna, con lo que se pretende mantener el flujo de individuos y la reducción en el índice de atropello. Estas acciones reducirán la categoría de los impactos propiciados, a la vez que constituirán un proyecto que no implique una reducción en el deterioro en las funciones de los servicios ambientales, que no sobrepase la capacidad de carga del ecosistema, ni ponga en riesgo la biodiversidad, y que por el contrario, genere importantes beneficios a los habitantes de la porción central del país.

IV.6 BIBLIOGRAFÍA

Aguirre C., O. A. 2002. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. Ciencia Forestal en México 27(92): 5-27.

Álvarez-Romero, J. G., R. A. Medellín, A. Olivares de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 518 pp.

Aguilar-Miguel, X., G. Casas-Andreu, A. Lizárraga-Valencia, Ma. G. Bustos-Zagal y R. Castro-Franco. 2021. Anfibios y Reptiles del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Universidad Autónoma del Estado de México.

Ayala-Islas, D., R. Rodríguez-Estrella y B. Granados. 2005. Ficha técnica de *Accipiter cooperii*. En: Escalante, P. (compilador). "Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2". Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W042. México. D.F.

Ayala-Islas, D. E. 2010. Ficha técnica de *Myadestes occidentalis*. En: Escalante-Piego. P. (compilador). Fichas sobre las especies de aves incluidas en Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Parte 1. Instituto de Biología, UNAM. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W007. México, D.F.

Blancas-Calva, E., M. Castro-Torreblanca y J. C. Blancas-Hernández. 2014. Presencia de las palomas turca (*Streptopelia decaocto*) y africana de collar (*Streptopelia roseogrisea*) en el estado de guerrero, México. HUITZIL. 15(1):10-16.

Ceballos, G., G. Santos-Barrera y L. Canseco-Márquez. 2024a. Anfibios y reptiles de México en peligro de extinción, volumen I: Anfibios. Grañén Porrúa-Lito Grapo, Ciudad de México.

Ceballos, G., G. Santos-Barrera y L. Canseco-Márquez. 2024b. Anfibios y reptiles de México en peligro de extinción, volumen II: Reptiles. Grañén Porrúa-Lito Grapo, Ciudad de México.

Cervantes. F. A., P. Delgado y A. L. Colmenares. 2005. *Sylvilagus cunicularius*. En: Ceballos, G. y G. Oliva (eds). Los Mamíferos Silvestres de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

Chan-Canché, R. J., A. González-Moreno, J. Leirana y S. Bordera. 2016. Estimación del esfuerzo mínimo de muestreo para el estudio de la riqueza de ICHNEUMONIDAE (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) en la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, México. Entomología mexicana. 3: 537-542

Chávez, C., A de la Torre, H. Bárcenas, R.A. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

CONABIO, s.f. Tomado de: www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_109.pdf

CONAGUA .2015. Diagnóstico para el manejo integral de las subcuencas Tuxpan, El Bosque, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Colorines-Chilesdo y Villa Victoria pertenecientes al Sistema Cutzamala. México. Disponible en:235https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110933/Cutzamala_Diagnostico_integral_parte_1.pdf

CONAGUA, 2019. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Temascaltepec (1509), estado de México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación. 20 de abril de 205.

CONAGUA, 2020. En: PMDU, 2023. Programa Municipal de Desarrollo Urbano, 2023. Gobierno del Estado de México. Gaceta del Gobierno.

CONANP, 2017. Áreas naturales Protegidas, Conectividad y Manejo Integrado del Paisaje.

CONANP. 2018. Programa de manejo Área de protección de Recursos Naturales Cuencas de los Río Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

Eliosa-León, H. y A. Castillo-Salazar. 2006. Recolecta de Anfibios. En Martínez-Vázquez, J., González-Monrroy, R, M., Dávila-Márquez, J, R. (eds.). Manual de métodos de recolecta de plantas y animales. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Biología, Dirección de Fomento Editorial. Pags 107-122.

Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos. 52:53-56.

Frías-Álvarez, P., Vredenburg, V.T., Familiar-López, M., Longcore, L.E., Gonzalez-Bernal, E., Santos-Barrera, G., Zambrano, L. y Parra-Olea, G. 2008. Chytridiomycosis Survey in Wild and Captive Mexican Amphibians. EcoHealth 5(1): 18-26.

Gahona, G. (2011). Factores bióticos y abióticos. Recuperado de http://cenevalenlinea.com/estrategias/item/26-factores-bi%C3%B3ticos-y-abi%C3%B3ticos.html

García-Jacinto, F. y G. Guerrero-Olivares. 2019. Análisis de la distribución de la Mariposa Monarca en el Área de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.

García, P. G., Del Río, R.E., Guzmán, M.R., Martínez, G.M., Scior, T. 2011. Estudios preliminares sobre el efecto analgésico del extracto de hojas de Ageratina glabrata en dos modelos térmicos de dolor agudo. Revista mexicana de ciencias farmacéuticas. Vol.42., no. 1. Ciudad de México.

González-García, F. 2014. Métodos para contar aves terrestres. En: Gallina-Tessaro, S y C. López-Trápinga (Eds.). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Instituto de Ecología, A. C., Universidad Autónoma de Querétaro. INE-SENARBAT. México, D.F

González- Villareal, L.M 1996. Clethraceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 47.

Heredia-Bobadilla, R. L y A. Sunny. 2021. Análisis de la categoría de riesgo de los ajolotes de arroyos de alta montaña (Caudata: Ambystoma). Acta Zoológica Mexicana (nueva seria). Vol. 37, 1-19.

Horvárth, A., E. J. Naranjo y J. E. Bolaños. 2010. Bases para el monitoreo de Mamíferos silvestres. pp. 50-70. En: Manual para el conocimiento, evaluación y monitoreo de la diversidad biológica. ECOSUR.

INEGI. s.f. Guía para la Interpretación de Cartografía Climatológica

INEGI, 1981. Síntesis geográfica del Estado de México.

INEGI, 1987. EN diversidad de estado de Mexico.

INEGI, 2001. Síntesis de Información geográfica del estado de México.

INEGI, 2004. Síntesis de Información geográfica del estado de Oaxaca.

INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía geológica.

INEGI, 2014. Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Ambystoma rivulare*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59067A53974395. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T59067A53974395.en

Krebs, C. J. 2000. Ecología: Estudio de la distribución y de la abundancia. Segunda Edición. Oxford University Press. México. México D.F. 753 pp.

Louman, B., D. Quiroz y M. Nilson. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 46. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.

Manzo, D.L. y López, G.J. 1997. Análisis geoecosistémico de la cuenca del río Temascaltepec, Estado de México. Investigaciones Geográficas Boletín, núm.34.

Mata-Silva, V., J. D. Johnson, L. D Wilson y E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, México: composition, physiographic distribution, and conservation status. Mesoamerican Herpetology 2:6-62.

Moreno C. E., 2001. Manuales para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA vol. 1. ORCYT/UNESCO & SEA. 84 pp.

National Geographic. 2006. Field guide to the birds of North America, 5a ed. National Geographic Society, Washington, DC, EUA.

Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García y L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.85:476-495.

Ortega-Álvarez, E y I. MacGregor-Fors, 2011. Conociendo al gorrión casero: variación de la abundancia de Passer domesticus en diferentes tipos de uso de suelo de la Ciudad de México. El canto del Centzontle 2 (1)15-28.

PDM, 2025. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL TEMASCALTEPEC 2025-2027. Gaceta Municipal, Año:1, Volumen:1 Gaceta:10. Periódico Oficial de Difusión del Ayuntamiento de Temascaltepec, Estado de México.

Pineda-López, R. y A. Malagamba R. 2011. Nuevos registros de aves exóticas en la ciudad de Querétaro, México. HUITZIL 12(2):22-27.

PMDU Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Temascaltepec 2022-2024. Gobierno Municipal de Temascaltepec, Estado de México.

Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec. 2022-2024. Ayuntamiento de Zinacantepec, Estado de México.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004a. *Conopsis biserialis*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004b. *Rana montezumae*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004c. *Sceloporus grammicus*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004d. *Thamnophis scaliger*. Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., García-Vázquez, U., Leyte-Manrique, A., y L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 213 p.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea Mayer- Goyenechea, and J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía, y conservación. México: Sociedad Herpetológica Mexicana. 387 pp.

Ramírez-González, A. 2006. Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

Rangel-Salazar, J. L. y E. Pineda-Diez de Bonilla. 2010. Monitoreo de aves. En: León-Cortés, J. L., E. J. Naranjo, N. Ramírez-Marcial, J. L. Rangel-Salazar, A. Horvath, A. Muñoz-Alonso y M. Ishiki-Ishihara (Eds.) Manual para el Reconocimiento, Evaluación y Monitoreo de la diversidad biológica. ECOSUR.

Rodríguez-Bautista, G., Segura, L.S., Cruz-Izquierdo, S., López-Medina, J., Cruz-Huerta, N., Valenzuela-Nuñez, L. 2021. Distribución potencial y caracterización ecoclimática de especies silvestres de Rubus subgenus Eubatus en México. Polibotánica, no.52. México.

Rojas-Zenteno, E., Orozco-Villa, M., Romero-Rangel, S., Montoya-Ayala, R. 2016. Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. Polibotánica, núm. 42, pp. 43-89.

Rubén López, C., R., Becerril Z.G., Benítez, C. y Cuevas, S.S., 2009. El medio físico, biológico y social. En: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López, C.R., Muñozcano, Q.J., Collado, E., y San Roman, J.E. 2009. La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. México.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sandoval, A.J. Coníferas del Estado de México. CEPANAF.

SARH, 1971. En: Manzo, D.L. y López, G.J. 1997. Análisis geoecosistémico de la cuenca del río Temascaltepec, Estado de México. Investigaciones Geográficas Boletín, núm.34.

SEMARNAT, CONANP, 2016. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. México.

Sotelo, R.E., Cruz, B.G., González, L.R. 2021. Actualización de la cartografía edafológica del Estado de México: una herramienta para la planeación. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol. 11, no. 8. Texcoco.

Téllez, V.O. 2009. Las Leguminosas. En: Ceballos, G., Rurik, L., Garduño, G., López, C.R., Muñozcano, Q.M., Collado, E., San Román, J.E. 2009. La diversidad biológica del Estado de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de México.

Torres, G.M. 2025. Procesos de cambio en el área de protección de los recursos naturales cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Universidad Nacional Autónoma de México.

Treviño U., R., Morán R., I., & Del Bosque A., N. 2018. Manual para el educador ambiental: Mariposa Monarca, proyecto Correo Real. Nuevo León: PROFAUNA A.C.

Valencia-Vargas, J.C. s.f. Desarrollo de la región hidrológica del Balsas mediante la modificación de su veda. Comisión Estatal del Agua, Morelos, México.

Villarreal, H., M. Álvarez, F. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Vargas-Santamaría, F., y O. Flores-Villela. 2006. Estudio herpetofaunístico en el Playón de Mexiquillo y áreas adyacentes en la costa sur del Estado de Michoacán, México. Pp. 110–139. En: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez, y F. Mendoza-Quijano, (Eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicación Especial de la Sociedad Herpetológica Mexicana.

Vázquez-Díaz, J., y G. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 318 p.

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

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 2
V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales 2
V.2 CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS 9
V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático 9
V.3 VALORACIÓN DE IMPACTOS 18
V.4 IMPACTOS RESIDUALES 29
V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS 30
V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES 34
V.6.1 Resumen de impactos 34
V.6.2 Conclusiones 58
V.7 Bibliografía 60

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

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Para efectuar la evaluación de los impactos ambientales que se pueden derivar de la construcción del proyecto y la operación del mismo, que consiste en la ampliación de la carretera Nevado de Toluca- Tejupilco, entre sus cadenamientos del 29+314 al 74+550.56 con una longitud de 43.93 km, se tomó como base las condiciones ambientales históricas y actuales que constituyen el medio en el que se asentará dicho proyecto. Además se consideran las características técnicas de construcción y operación que se implementarán para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto. También se consideran los instrumentos legales ambientales que rigen las zonas por donde se desplaza el proyecto y que regulan las obras y actividades que se realizan en la región.

Todo esto con el fin de obtener un panorama general de la condición ambiental actual y la las repercusiones que se originen por la construcción y la operación de dicho proyecto.

V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

La metodología implementada para la evaluación de los impactos ambientales que se pueden derivar del proyecto consta de 2 pasos, el primero constituye una evaluación cualitativa que permite la obtención de los impactos ambientales esperados por la construcción y operación previstas. El segundo paso se conforma por una valoración cuantitativa, que permite la categorización de los impactos de acuerdo a la magnitud con la que se espera se presenten y además permite conocer las características principales de dichos impactos, es decir, si los impactos serán residuales, acumulativos o sinérgicos o la combinación de estas características (Figura 1).

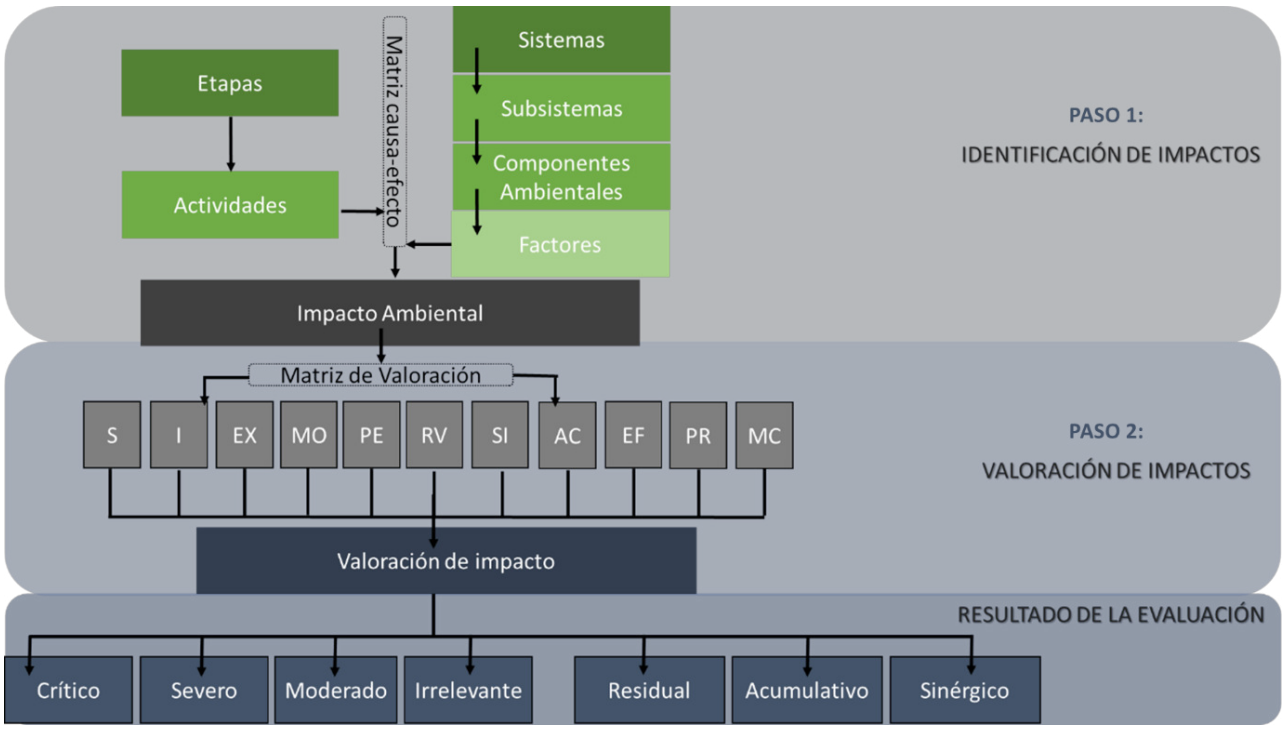


Figura 1. Diagrama general del proceso de evaluación de impactos ambientales derivados del proyecto de ampliación de la carretera Toluca- Tejupilco del 29+314 al 74+550.56.

Dichos pasos de evaluación se describen a continuación.

V.1.1.1 Paso 1: Matriz de correlación de causa-efecto

El proceso se inicia con la identificación de los impactos ambientales que se pueden ocasionar en la zona donde se ejecutará el proyecto, para lo cual se efectúa la conformación de una matriz de correlación causa-efecto, misma que corresponde a un método cualitativo de determinación de interacciones mediante el cotejo de las obras y actividades que se prevé llevar a cabo en el proyecto con cada uno de los factores que integran el medio donde este se efectuará. Como paso inicial para la conformación de la matriz de correlación causa-efecto mencionada, se procede a la identificación de las etapas de las cuales estará constituido el proyecto y a su vez se debe identificar cada una de las obras y actividades que se desarrollarán dentro de las etapas determinadas (Figura 2). Este desglose conformará las columnas de la matriz que se busca conformar.

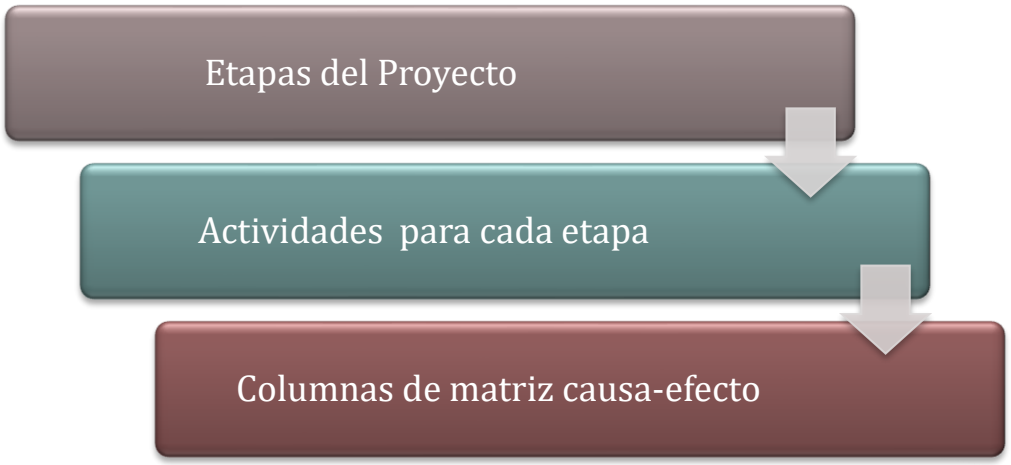


Figura 2. Proceso de conformación de las columnas de la matriz de correlación causa-efecto.

El siguiente paso es la identificación de los factores que integran el medio donde el proyecto se efectuará, este paso considera las condiciones actuales en las que se encuentra el medio y las características que predominan en él actualmente. Para esto, se parte desde el o los sistemas que engloban al medio de la zona y localidad del proyecto. Posteriormente se procede a la identificación de los sub-sistemas que en su conjunto conforman los sistemas previamente identificados para el proyecto, estos subsistemas permiten discernir con mayor claridad los ámbitos que envuelven el proyecto y la zona donde este se asienta. De los sub-sistemas identificados se pueden derivar a los componentes ambientales del medio, estos constituyen los segmentos específicos de los sistemas analizados en los que se verán reflejadas las modificaciones o alteraciones que se propicien por la implementación de las obras proyectadas y la operación del proyecto previsto. Finalmente de los componentes ambientales determinados se desprenden los factores del medio, ellos son la unidad básica que será evaluada, siendo esta, la entidad receptora de la modificación o alteración que se pudiera presentar (Figura 3).

Posteriormente se determinan los indicadores de impacto relacionados a los factores que pueden verse alterados y dan la pauta para la determinación de interacciones. Estos indicadores se describen más adelante del presente capítulo en el apartado V.2.1 *"Indicadores de impacto y de cambio climático"*.

Este desglose conformará las filas que integrarán la matriz de correlación causa-efecto requerida. De esta manera, contando con las columnas integradas por etapas y actividades del proyecto y las filas constituidas por el desglose desde sistemas y hasta factores del medio, se puede hacer un recorrido desarrollando desde cada una de las actividades del proyecto y su relación con cada uno de los factores del proyecto, así para todas las actividades proyectadas y todos los factores del medio.

El resultado de este cotejo son las interacciones entre las actividades y los factores modificados del ambiente, con dichas interacciones, se procede a su análisis para la determinación de aquellas interacciones que se considerarán impactos ambientales y aquellos que se pueden ser descartados. Los impactos obtenidos no cuentan con la determinación de la magnitud con la que se espera se presenten.

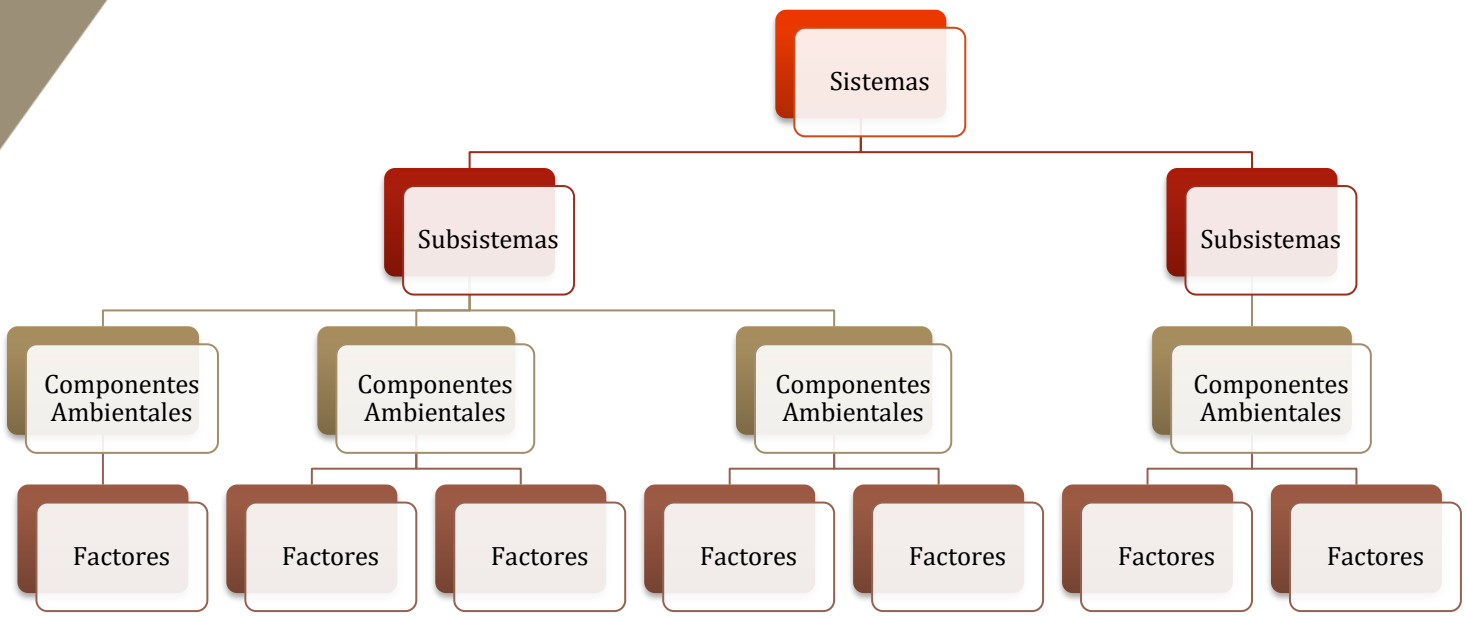


Figura 3. **Proceso de desglose desde sistemas y hasta factores del proceso de evaluación de la matriz de correlación causa-efecto.**

Este desglose conformará las filas que integrarán la matriz de correlación causa-efecto requerida. De esta manera, contando con las columnas integradas por etapas y actividades del proyecto y las filas constituidas por el desglose desde sistemas y hasta factores del medio, se puede hacer un recorrido desarrollando desde cada una de las actividades del proyecto y su relación con cada uno de los factores del medio, así para todas las actividades proyectadas y todos los factores. De esta manera para las casillas donde se determine que la actividad a efectuarse modifica el factor analizado, se obtiene una interacción, la cual se señala mediante la colocación de un número uno (1) en la casilla analizada, para el caso de que no se presente interacción, en dicha casilla se coloca un número cero (0). Esto se ejemplifica en la Figura 4.

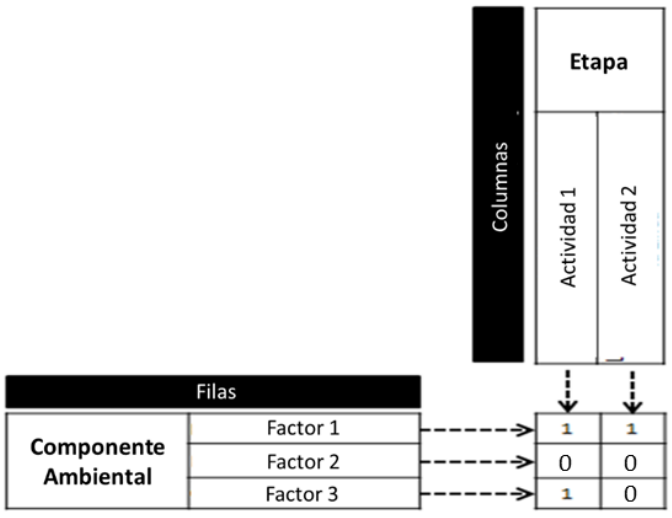


Figura 4. **Ejemplo de conformación e implementación de matriz de correlación causa-efecto.**

El resultado de este cotejo son las interacciones entre las actividades y los factores modificados del ambiente, con dichas interacciones, se procede a su análisis para la determinación de aquellas interacciones que se considerarán impactos ambientales y aquellos que se pueden ser descartados. Los impactos obtenidos se agrupan en 2 conjuntos, el primero contendrá los impactos generados en las etapas constructivas a desarrollarse, considerándose como fase constructiva. Por su parte, el segundo conjunto será en el que se agrupen los impactos esperados en las etapas de operación del proyecto, denominándosele fase operativa.

V.1.1.2 Paso 2: Valoración de impactos

Para efectuar la valoración de dicho magnitud, se procede a la ejecución de una metodología cuantitativa, la cual permite asignar valores numéricos a las características y condiciones de cada impacto, de esta manera y mediante la implementación de una formula se conoce la magnitud del impacto. Para ello, se desarrolla la metodología propuesta por Conesa Fernández Vitora, la cual, considera una serie de criterios, estos criterios cuentan con distintos escenarios de ocurrencia, y decir, si este criterio se presenta de manera total, parcial, baja o no se presenta, cada uno de estos escenarios cuenta con un valor numérico, mismo que permite asignar valores al impacto. Los criterios de la metodología utilizada son los siguientes:

Tabla 1. Criterios y valores de la metodología de Conesa.

DESCRIPCIÓN	VALOR
SIGNO (S)	
El signo del impacto hace alusión a su carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Existe la posibilidad de incluir un tercer carácter (x) que refleja efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto.	(+) (X) (-)
INTENSIDAD (I)	
Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa, el rango de valoración está comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área donde se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos 2 términos reflejarán situaciones intermedias.	BAJA 1 MEDIA 2 ALTA 4 MUY ALTA 8 TOTAL 12
EXTENSIÓN (EX)	
Se refiere al área de influencia teórica del impacto con relación al entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial (2) y extenso (4).	PUNTUAL 1 PARCIAL 2 EXTENSO 4 TOTAL 8 CRITICA +4

DESCRIPCIÓN	VALOR
En el caso de que el efecto sea puntual pero se produzca en un lugar critico se le atribuirá un valor de 4 unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en el que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras habrá que buscar otras alternativas al proyecto, anulando el efecto.	
MOMENTO (MO)	
Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto Plazo, asignándoles a ambos un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, Largo Plazo con valor asignado (1). Si ocurre alguna circunstancia que hiciese critico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una a cinco unidades por encima de las especificadas.	LARGO PLAZO 1 MEDIO PLAZO 2 INMEDIATO 4 CRITICO +4
PERSISTENCIA (P)	
Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctivas. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de 1 año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz (1). Si dura entre 1 y 10 años, Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente (4).	FUGAZ 1 TEMPORAL 2 PERMANENTE 4
REVERSIBILIDAD (RV)	
Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. Si es a Corto Plazo se le asigna un valor (1), si es a Medio Plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor de (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos, son los mismos asignados al parámetro anterior.	CORTO PLAZO 1 MEDIO PLAZO 2 IRREVERSIBLE 4
SINERGIA (SI)	
Este atributo contempla el reforzamiento de 2 o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocado por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que se espera de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.	NO SINÉRGICO 1 SINÉRGICO 2 MUY SINÉRGICO 4

DESCRIPCIÓN	VALOR
Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).	
ACUMULACIÓN (AC)	
Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto es acumulativo el valor se incrementa a (4).	SIMPLE 1 ACUMULATIVO 4
EFECTO (EF)	
Este atributo se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción, consecuencia directa de esta. En el caso de que el efecto indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden. Este término toma el valor de 1 en el caso de que el efecto sea secundario y el valor 4 cuando sea directo.	INDIRECTO 1 DIRECTO 4
PERIORICIDAD (PR)	
La periodicidad se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (regular o continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor de (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).	IRREGULAR 1 PERIÓDICO 2 CONTINUO 4
RECUPERABILIDAD (MC)	
Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctivas). Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna el valor de (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o medio plazo, si lo es permanente, el efecto es Mitigable, y toma un valor de (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de recuperar tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de	INMEDIATA 1 MEDIO PLAZO 2 MITIGABLE 4 IRRECUPERABLE 8

DESCRIPCIÓN	VALOR
(8). En caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).	

Cada uno de los impactos obtenidos anteriormente se somete a la batería de criterios enlistada en la Tabla 1 y de acuerdo a las características que presenten dichos impactos en cada uno de los criterios, se obtiene los valores que representarán cada criterio en el impacto evaluado, esto se efectúa para todos los impactos, para lo cual, se conforma una matriz de valoración, en donde las filas corresponderán a los impactos obtenidos mientras que las columnas se colocan los criterios de la metodología de evaluación, de esta manera, al igual que en la matriz de identificación de impactos (causa-efecto) de pueden cotejar cada uno de los impactos con cada uno de los criterios, colocando en la casilla el valor con el que se evalúa cada criterio mostrados en la tabla anterior. Asi se obtiene una valoración tangible con valores numéricos.

Para obtener la magnitud final del impacto, los valores obtenidos para cada criterio son tomados en cuenta y sustituidos en la siguiente formula:

$$I = \pm [3\,I + 2\,EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

De esta fórmula se obtiene valores que van desde 13 y hasta 100, lo que permite clasificar por rango de valores a dichos impactos, asignando de este modo magnitudes a dichos rangos (Tabla 2). Los rangos y las magnitudes asignadas son:

Tabla 2. Magnitud del impacto.

Valor	Magnitud
≤ 25	IRRELEVANTES
26-49	MODERADOS
50-74	SEVEROS
≥ 75	CRÍTICOS

V.2 CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático

Los indicadores de impacto son parámetros que permiten observar el grado de cambio que se presenta por las alteraciones del medio derivado de las actividades que se realicen en las diferentes etapas del proyecto y su presencia o ausencia son parámetros que denotan la presencia o ausencia de un impacto.

A continuación se presentan los indicadores ambientales que se determina para poder presenciar o cuantificar la existencia de un impacto en el medio derivado de las actividades del proyecto (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores ambientales.

Componente	Indicadores de impacto	Descripción
Agua	Superar límites establecidos por la NOM-001 SEMARNAT-2021	Para conocer la calidad que presenta el agua en los cuerpos se utilizan parámetros establecidos en la norma NOM-001 SEMARNAT-2021 que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación (Tabla 4)
	Presencia de residuos en cauces	La presencia de basura en cauces será indicador de contaminación con basura de dichos cuerpos de agua, a mayor concentración de estos se puede interpretar mayor grado de afectación.
	Superficie de zona federal y cauces	La superficie requerida para su intervención de zonas federales y los cauces que cruza el proyecto, es claro indicador de la modificación que se presentará en estos sitios para la construcción del proyecto.
	Obras de drenaje a incorporar	Las obras de drenaje a incorporar en todo el proyecto, la distribución de estas ante los cauces y requerimientos del proyecto son un indicador de la continuidad de flujos que se prevé conservar.
Suelo	Presencia de residuos	Para la contaminación de suelos por basura, la presencia de estos residuos tirados a cielo abierto será el indicador más inmediato, este se implementará tanto para la fase constructiva como la fase operativa.
	Superar límites establecidos en la NOM-138 SEMARNAT SSA1-2012.	Para el caso de la contaminación por materiales, residuos e insumos considerados como residuos peligrosos o de manejo especial se tomó como base lo contemplado en la NOM-138 SEMARNAT SSA1-2012, la cual establece los límites máximos permisibles de los hidrocarburos en suelos y los lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación véase (Tabla 5 y Figura 6).
	Superficie de construcción del proyecto	Como indicador para la modificación que se ocasionará en el relieve del proyecto y su topografía, se tomará como la superficie de afectación del proyecto (derecho de vía), la cual es en la que se realizarán todas las obras previstas, por lo que representa la superficie de afectación.
Aire	NOM-172-SEMARNAT-2019	Para conocer la calidad del aire se tomará como base lo contenido en la NOM-172-SEMARNAT-2019 en la cual se presentan lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. Esta norma establece las normas aplicables en

Componente	Indicadores de impacto	Descripción
		los procedimientos de medición de parámetros y determina la calidad del aire de acuerdo a los componentes dispersos en él (Figura 11).
	Presencia de polvos	La constante presencia de polvos en el aire es indicador de la calidad que se está presentado por la realización de actividades que propician su levantamiento.
Vegetación	Superficie de CUSTF	La superficie de afectación por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, corresponde al indicador para determinar afectaciones por la remisión de la flora nativa.
	Indicadores de abundancia	Los índices de abundancias de especies permitirán determinar poblaciones en riesgo y especies que puedan estar comprometidas en el medio.
	Presencia de residuos	La identificación de basura en los sitios donde exista vegetación nativa determinarán la contaminación del hábitat de la flora local.
	No. estimado de individuos en norma a retirar	El número de individuos de flora que se estime retirar y que estos se encuentren dentro de alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 la cual, presenta la 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.
	Superficie de vegetación no forestal	La vegetación no forestal también podrá proporcionar el índice de su afectación mediante la superficie que esta se requiera para su desmonte.
	Incremento de especies invasoras	La aparición de especies invasoras resultado del desmonte de superficies requeridas por el proyecto será un indicador de la alteración de la composición de flora por medios antrópicos.
	No. de eventos de incendios forestales	La presencia de estos eventos puede demostrar tendencias de frecuencia derivados de la construcción y operación de la carretera.
Fauna	Registros de incidentes	Mediante el registro de incidentes se conocerán afectaciones a individuos de fauna que puedan verse afectados de diversos modos por las obras o la operación del proyecto o por el personal que laborará en este, incluyéndose especies de fauna en norma. Esto es aplicable para la fase constructiva del proyecto como para la fase operativa.
	Registros de fauna en el sito	También llevar el conteo de especies registradas en la zona de obras prevista en el proyecto puede ofrecer el

Componente	Indicadores de impacto	Descripción
		panorama de cómo se comportan las poblaciones de fauna en las zonas cercanas a los frentes de obra.
	Superficie del proyecto	La superficie que será modificada por la construcción del proyecto servirá como indicador del grado de modificación que sufrirán los hábitats para las especies de fauna presentes.
	No de individuos de vegetación a remover	El número de individuos arbóreos o arbustivos que estime serán retirados por la construcción del proyecto será el parámetro que se contemplará para la determinación de la afectación del hábitat de especies de aves.
Servicios ambientales	Superficie de desmonte	La superficie de desmonte será tomada como parámetro para la evaluación de los suelos que sufrirán afectaciones por el deterioro de sus condiciones y exposición a procesos erosivos.
	Presencia de especies de fauna	También la diversidad y abundancia de especies de fauna serán indicadores de la fragmentación de hábitats de fauna, la presencia o ausencia de las especies actuales sirve de parámetro para conocer su distribución y desplazamiento en base a los efectos que pueda traer consigo el proyecto.
	Formación de cárcavas	La detección de sitios con deterioro en los suelos por procesos erosivos será muestra de la aparición de la degradación de estos por la falta de cobertura vegetal y su exposición a procesos erosivos. La formación de cárcavas es el indicador más común asociado a este problema.
Paisaje	Superficie del proyecto	Para el paisaje la superficie del proyecto a afectar constituye el indicador para su uso, esto por la afectación a los elementos naturales que se ubican dentro de dicha superficie de afectación y que corresponden a los componentes paisajísticos.
Medio Económico	Derrama económica en comercios locales	Para la fase constructiva el consumo de productos en los comercios locales será el indicador para determinar el beneficio hacia estos comercios por la presencia del personal durante el tiempo que se prevé dure la construcción de la línea de pasajeros del tren.
	No. de beneficiados	El número de beneficiados por las obras de ampliación de la carretera tendrá un valor importante en la determinación de la demanda que tenga la vía de comunicación.
Medio social	No. incidentes	Para medir las afectaciones ocasionadas por el proyecto hacia personas y trabajadores se tomará

Componente	Indicadores de impacto	Descripción
		como parámetro el número de incidentes y accidentes que se puedan presentar en la construcción del proyecto. Así mismo para la operación del proyecto se considerarán no solo los incidentes que se puedan presentar pero también las quejas que se generen por los habitantes de las localidades que cruza el camino.
	Interconexión de localidades	Para determinar la magnitud de la conectividad territorial que se prevé alcanzar con la implementación del proyecto, la extensión del proyecto y su conexión con centros urbanos y otras vialidades resulta importante.
	Infraestructura turística	Resulta importante resaltar que las vías de acceso son necesarias e indispensables para el desarrollo de zonas turísticas como es el caso de la región.
	Movilidad urbana	La mayor agilidad en el tránsito de la zona y la menor presencia de congestionamientos viales son indicadores del funcionamiento del proyecto una vez construido.

Tabla 4. Limites permisibles NOM-172-SEMARNAT-2019.

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales	60	72	84	20	24	28	20	24	28	30	36	42	100	120	140	20	24	28
Demanda Química de Oxígeno	150	180	210	100	120	140	85	100	120	60	72	84	150	180	210	60	72	84
Carbono Orgánico Total*	38	45	53	25	30	35	21	25	30	15	18	21	38	45	53	15	18	21
Nitrógeno Total	25	30	35	15	25	30	25	30	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	30
Fósforo Total	15	18	21	5	10	15	15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	10	15
Huevos de Helmintos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1								

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
(huevos/litro)																		
Escherichia coli, (NMP/100 ml)	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	50	100	200
Enterococos fecales* (NMP/100 ml)	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	50	100	200
pH (UpH)	6-9																	

Color verdadero	Longitud de onda	Coeficiente de absorción espectral máximo
	436 nm	7,0 m -1
	525 nm	5,0 m -1
	620 nm	3,0 m -1
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición	

N.A: No Aplica

P.M: Promedio Mensual

P.D: Promedio Diario

V.I: Valor Instantáneo

NMP: Número más probable

UpH: Unidades de pH

UT: Unidades de Toxicidad

* Si Cloruros es menor a 1000 mg/L se analiza y reporta DQO.

* Si Cloruros es mayor o igual a 1000 mg/L se analiza y reporta COT.

* Si la conductividad eléctrica menor a 3500 µS/cm se analiza y reporta *E. coli.*

* Si la conductividad eléctrica es mayor o igual a 3500 µS/cm se analiza y reporta Enterococos fecales.

Las determinaciones de Conductividad eléctrica y de Cloruros no requieren la acreditación y aprobación de la entidad correspondiente.

Tabla 5. Límites máximos permisibles para metales y cianuros.

Parámetros (miligramos por litro)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
Arsénico	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
Cadmio	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,05	0,075	0,1	0,1	0,15	0,2	0,05	0,075	0,1
Cianuro	1	2	3	1	1,5	2	2	2,50	3	2	2,5	3	1	1,50	2	1	1,5	2
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
Mercurio	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0 01	0,005	0,008	0,01	0,005	0,008	0,01
Níquel	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Plomo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Parámetros medidos de manera total	P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario V.I: Valor Instantáneo																	

PRODUCTO CONTAMINANTE	HIDROCARBUROS				
	FRACCIÓN PESADA	FRACCIÓN MEDIA	HAP	FRACCIÓN LIGERA	BTEX
Mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X	X	X	X	X
Combustóleo	X		X		
Parafinas	X		X		
Petrolatos	X		X		
Aceites derivados del petróleo	X		X		
Gasóleo		X	X		
Diesel		X	X		
Turbosina		X	X		
Queroseno		X	X		
Creosota		X	X		
Gasavión				X	X
Gasolvente				X	X
Gasolinas				X	X
Gas nafta				X	X

Figura 5. **Hidrocarburos para análisis en función del producto contaminante.**

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-2008
Media	1 200	1 200	5 000	NMX-AA-145-SCFI-2008
Pesada	3 000	3 000	6 000	NMX-AA-134-SCFI-2006

Figura 6. **Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo.**

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de PM10 promedio móvil ponderado de 12 horas (µg/m3)
Buena	Bajo	50
Aceptable	Moderado	>50 y 75
Mala	Alto	>75 y 155
Muy Mala	Muy Alto	>155 y 235
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>235

Figura 7. Obtención del índice aire salud para PM10.

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de PM2.5 promedio móvil ponderado de 12 horas (µg/m3)
Buena	Bajo	25
Aceptable	Moderado	>25 y 45
Mala	Alto	>45 y 79
Muy Mala	Muy Alto	>79 y 147
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>147

Figura 8. Obtención del índice aire salud para PM5.

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de ozono (O3) promedio de una hora (ppm)	Intervalo de ozono (O3) promedio móvil de ocho horas (ppm)
Buena	Bajo	0.051	0.051
Aceptable	Moderado	>0.051 y 0.095	>0.051 y 0.070
Mala	Alto	>0.095 y 0.135	>0.070 y 0.092
Muy Mala	Muy Alto	>0.135 y 0.175	>0.092 y 0.114
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	> 0.175	> 0.114

Figura 9. Obtención del índice aire salud ozono (0_3).

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de dióxido de nitrógeno (NO2) promedio de una hora (ppm)
Buena	Bajo	0.107
Aceptable	Moderado	>0.107 y 0.210
Mala	Alto	>0.210 y 0.230
Muy Mala	Muy Alto	>0.230 y 0.250
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>0.250

Figura 10. Obtención del índice aire salud para dióxido de nitrógeno (NO^2).

Calidad del aire	Nivel de riesgo asociado	Intervalo de monóxido de carbono (CO) promedio móvil de ocho horas (ppm)
Buena	Bajo	8.75
Aceptable	Moderado	>8.75 y 11.00
Mala	Alto	>11.00 y 13.30
Muy Mala	Muy Alto	>13.30 y 15.50
Extremadamente Mala	Extremadamente Alto	>15.50

Figura 11. Obtención del índice aire salud para monóxido de carbono. (CO).

V.3 VALORACIÓN DE IMPACTOS

Aplicando la metodología descrita anteriormente para la evaluación de las afectaciones que se puedan derivar de la ampliación de la carretera Toluca-Tejupilco entre los km 29+314 al 74+550.56, se determinó que las obas y actividades que se realizarán en la obra se generarán en 4 etapas que son Preparación del sitio, Construcción, Abandono del sito y Operación y Mantenimiento en donde se agrupan todas las actividades como se muestra en la Tabla 6. De esta forma se conformaron la columnas que constituyen la matriz de correlación causa-efecto.

Tabla 6. Etapas y actividades del proyecto.

ETAPAS DEL PROYECTO																				
PREPARACION DEL SITIO			CONSTRUCCION											ABANDONO DEL SITIO					OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
ACTIVIDADES POR ETAPA																				
Instalación de obras provisionales	Desmonte	Despalme	Presencia de personal	Movimiento de maquinaria	Transporte de materiales	Retiro de carpeta asfáltica	Demolición de obras hidráulicas	Excavaciones y cortes	Modernización de estructuras (obras hidráulicas)	Terraplenes y escalones de liga	Subbase, Base hidráulica	Carpeta asfáltica	Obras complementarias (cunetas, bordillos)	Obras de seguridad vial (barreras, defensas, señalamientos	Retiro de señalamientos temporales	Desinstalación de obras provisionales	Limpieza general	Disposición final de residuos	Rehabilitación de áreas ocupadas provisionalmente	Retiro de maquinaria y equipo	Circulación vehicular	Mantenimiento preventivo y correctivo

Para la conformación de las filas de la matriz de correlación se efectuó el desglose desde sistemas y hasta factores del medio donde se asentarán las obras a ejecutarse quedando como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Filas de la matriz de correlación causa-efecto.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR
MEDIO FÍSICO	Medio Abiótico	Agua	Calidad del Agua
			Dinámica de los Cauces
		Suelo	Erosión
			Relieve y Topografía
			Calidad del Suelo
		Atmosfera	Calidad del Aire
			Confort Sonoro
	Medio Biótico	Vegetación	Bosque Pino
			Bosque de Pino-Encino
		Fauna	Reptiles
			Anfibios
			Mamíferos
			Lepidópteros
			Aves
	Medio Perceptual	Paisaje	Calidad Paisajística
Medio Socioeconómico		Medio Económico	Consumo de productos
			Reducción de gastos
		Medio Social	Turismo
			Salud
			Accidentes
			Infraestructura Urbana
			Descontento social
			Calidad de Vida

Una vez conformada la matriz de correlación, se procedió a la evaluación de interacciones resultantes entre las obras consideradas en el proyecto y el medio donde se presentará el proyecto, lo resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Matriz de correlación causa-efecto del proyecto.

				ETAPAS DEL PROYECTO																					
				PREPARACION DEL SITIO			CONSTRUCCION												ABANDONO DEL SITIO						OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
				ACTIVIDADES POR ETAPA																					
SISTEMA	**SUBSISTEMA**	**COMPONENTE AMBIENTAL**	**FACTOR**	Instalación de obras provisionales	Desmonte	Despalme	Presencia de personal	Movimiento de maquinaria	Transporte de materiales	Retiro de carpeta asfáltica	Demolición de obras hidráulicas	Excavaciones y cortes	Modernización de estructuras (obras hidráulicas)	Terraplenes y escalones de liga	Subbase, Base hidráulica	Carpeta asfáltica	Obras complementarias (cunetas, bordillos)	Obras de seguridad vial (barreras, defensas, señalamientos	Retiro de señalamientos temporales	Desinstalación de obras provisionales	Limpieza general	Disposición final de residuos	Rehabilitación de áreas ocupadas provisionalmente	Retiro de maquinaria y equipo	Circulación vehicular	Mantenimiento preventivo y correctivo
MEDIO FÍSICO	Medio Abiótico	Agua	Calidad del Agua	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
			Dinámica de los Cauces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Suelo	Erosión	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Relieve y Topografía	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Calidad del Suelo	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
		Atmosfera	Calidad del Aire	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
			Confort Sonoro	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio Biótico	Vegetación	Bosque Pino	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Bosque de Pino-Encino	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		Fauna	Reptiles	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Anfibios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Mamíferos	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

				ETAPAS DEL PROYECTO																					
				PREPARACION DEL SITIO			CONSTRUCCION												ABANDONO DEL SITIO						OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
				ACTIVIDADES POR ETAPA																					
SISTEMA	**SUBSISTEMA**	**COMPONENTE AMBIENTAL**	**FACTOR**	Instalación de obras provisionales	Desmonte	Despalme	Presencia de personal	Movimiento de maquinaria	Transporte de materiales	Retiro de carpeta asfáltica	Demolición de obras hidráulicas	Excavaciones y cortes	Modernización de estructuras (obras hidráulicas)	Terraplenes y escalones de liga	Subbase, Base hidráulica	Carpeta asfáltica	Obras complementarias (cunetas, bordillos)	Obras de seguridad vial (barreras, defensas, señalamientos	Retiro de señalamientos temporales	Desinstalación de obras provisionales	Limpieza general	Disposición final de residuos	Rehabilitación de áreas ocupadas provisionalmente	Retiro de maquinaria y equipo	Circulación vehicular	Mantenimiento preventivo y correctivo
			Lepidópteros	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Aves	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio Perceptual	Paisaje	Calidad Paisajística	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medio Socioeconómico		Medio Económico	Consumo de productos	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Reducción de gastos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		Medio Social	Turismo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Salud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Accidentes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Infraestructura Urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
			Descontento social	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Calidad de Vida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

En total de la evaluación cualitativa realizada se encontró la presencia de 66 interacciones, de las cuales, la mayoría se presentarán en la etapa de Construcción del proyecto con un total de 37, lo cual resulta normal al tratarse de la etapa en la que se concentra el mayor número de actividades a ejecutarse. Le sigue la etapa de Preparación del sitio, en donde se espera se presenten 15 interacciones derivadas de actividades como el desmonte y despalme, entre otras, a realizarse en esta etapa. La etapa de operación tendrá la presencia de 10 interacciones las cuales se desarrollarán una vez terminada la construcción de la obra. Finalmente se presenta la etapa de Abandono del sitio en donde solo se esperan 5 interacciones. La distribución porcentual de las interacciones mencionadas se aprecia en la Figura 12.

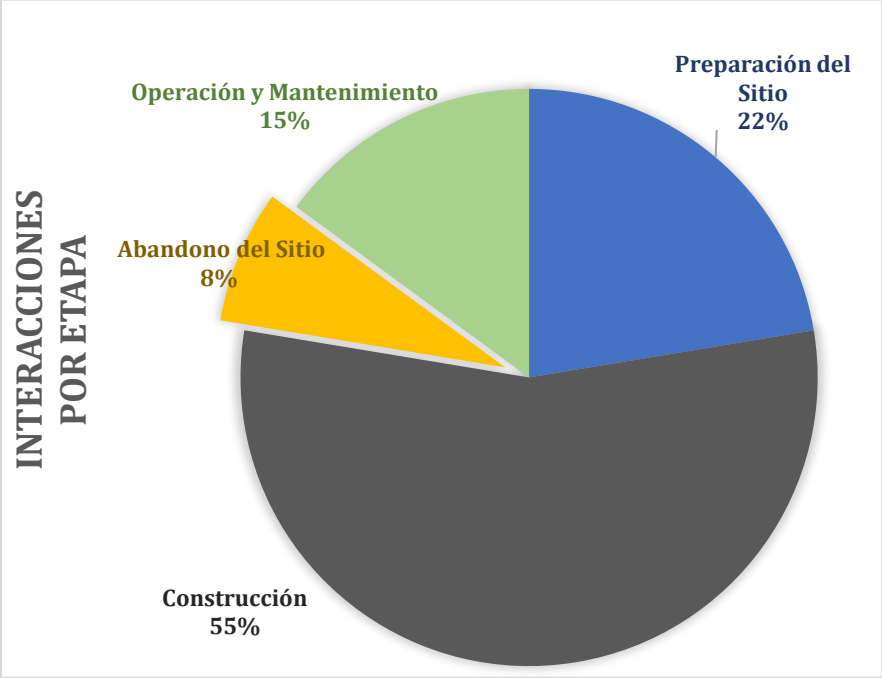


Figura 12. Distribución porcentual de las interacciones en las etapas del proyecto.

En relación a como las interacciones encontradas se distribuyen entre los componentes ambientales presentes en la zona del proyecto, se aprecia que el componente de atmosfera es aquel que presenta la mayor concentración de estas con 19 de ellas, propiciado porque diversas actividades generarán la presencia de polvos, gases contaminantes y ruidos. Le sigue el componente de fauna, en donde se esperan 14 interacciones distribuidas entre los grupos taxonómicos y afectaciones a sus hábitats. El componente del suelo presenta 12 interacciones siendo este en donde se asentarán las obras. Con 6 interacciones se presentan los componentes de vegetación y medio social, el componente agua presenta 5 interacciones por la intervención de las obras de drenaje del proyecto. Finalmente el paisaje solo presenta 3 interacciones y el medio económico presenta 2 interacciones. La distribución porcentual de estas interacciones entre los componentes ambientales se aprecia en la Figura 13.

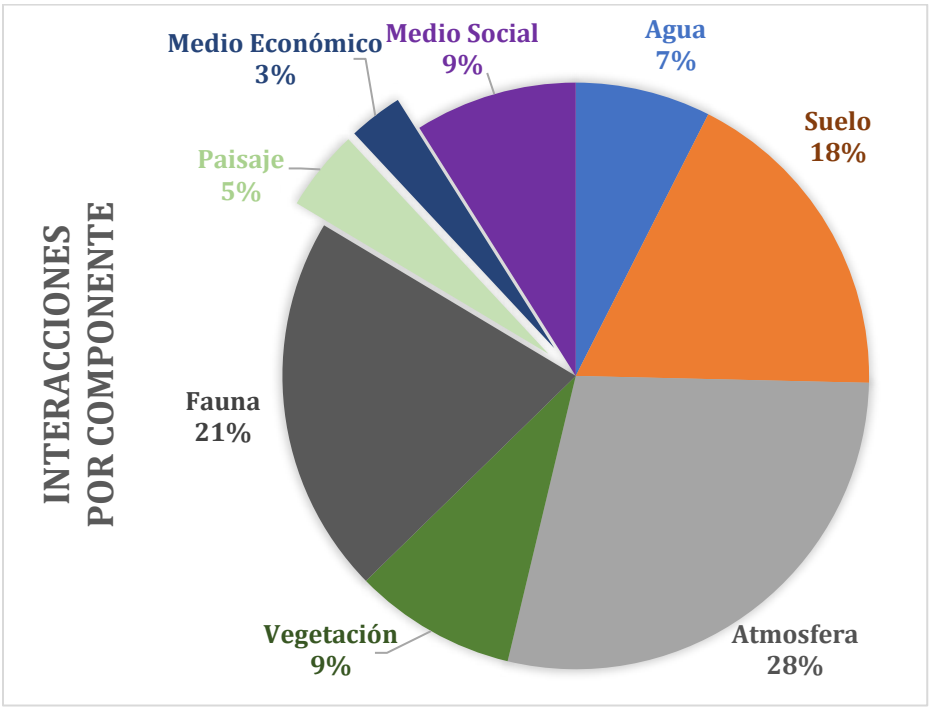


Figura 13. Distribución porcentual de interacciones en los componentes ambientales.

Posteriormente se procedió al análisis de las interacciones obtenidas en la matriz de correlación causa-efecto, para determinar aquellas que si constituyen un impacto ambiental, desestimar aquellas que son de mínima magnitud y las que resulten repetidas dentro del mismo componente o factor analizado. Resultado de esta análisis fueron los impactos ambientales esperados por la implementación del proyecto, los cuales se dividieron en 2 diferentes fases, la fase constructiva que es donde se desarrollan las obras de construcción y la fase operativa que se constituye por los impactos que se generarán por la operación del proyecto, así logrando mayor claridad en los efectos que tendrá el proyecto sobre el ambiente. Los impactos obtenidos de presentan en las Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 9. Impactos obtenidos para la fase constructiva del proyecto.

FACTOR	IMPACTO
AGUA	
Calidad del Agua	Contaminación de cauces con basura
	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos
Dinámica de Causes	Modificación de cauces
	Azolve de cauces por residuos de obra
SUELO	
Erosión	Exposición del suelo al intemperismo

FACTOR	IMPACTO
Relieve y Topografía	Modificación al relieve y topografía
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura
	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos
ATMOSFERA	
Calidad del Aire	Presencia de gases contaminantes
	Generación de polvos
Confort Sonoro	Aumento emisiones sonoras
VEGETACIÓN	
Bosque de Pino	Disminución en la cobertura vegetal
	Disminución en la biodiversidad
	Perdida de hábitat
Especies en Norma	Retiro de individuos
Bosque de Pino-Encino	Disminución en la cobertura vegetal
	Disminución en la biodiversidad
	Perdida de hábitat
FAUNA	
Reptiles	Muerte de individuos
	Afectación a especies en norma
	Caza de individuos
	Fragmentación del hábitat
Anfibios	Afectaciones a especies en norma
Mamíferos	Muerte de individuos
	Fragmentación del hábitat
Lepidópteros	Disminución de sitios de percha
	Fragmentación del hábitat
	Muerte de individuos por obras
	Afectación a especies en norma
Aves	Reducción de sitios de percha
	Ahuyento por ruido
PAISAJE	
Calidad Paisajística	Afectación a componentes estéticos

FACTOR	IMPACTO
MEDIO ECONÓMICO	
Empleo	Consumo de productos locales de las comunidades cercanas
MEDIO SOCIAL	
Accidentes	Ocurrencia de accidentes
Infraestructura Urbana	Afectaciones al tránsito por obras

Tabla 10. Impactos obtenidos para la fase operativa del proyecto.

FACTOR	IMPACTO
AGUA	
Calidad del Agua	Aumento en la presencia de basura en cauces
	Mejora del flujo hídrico actual
SUELO	
Calidad del Suelo	Aumento de presencia de basura en suelos
VEGETACIÓN	
Bosque de Pino	Introducción de especies exóticas
	Incendios forestales
Bosque de Pino-Encino	Introducción de especies exóticas
	Incendios forestales
FAUNA	
Reptiles	Ampliación del efecto barrera
	Atropellos
Anfibios	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos
Mamíferos	Ampliación del efecto barrera
	Atropellos
Lepidópteros	Atropellos
PAISAJE	
Calidad Paisajística	Aumento de presencia de basura
MEDIO ECONÓMICO	
Reducción de gastos	Reducción en tiempos de recorrido
MEDIO SOCIAL	
Turismo	Mejora de accesibilidad al turismo

FACTOR	IMPACTO
Salud	Reducción de tiempos de traslado a centros de salud
Infraestructura Urbana	Mejor interconexión regional
	Mejor flujo vehicular
Calidad de Vida	Aumento de la seguridad de la carretera
	Mejor infraestructura para el trasporte y comercio

A los impactos anteriormente presentados se les somete la evaluación de magnitud para lo cual se emplea la matriz de valoración basada en la metodología de Conesa explicada anteriormente, esto se aplica para ambas fases. En la Tabla 11 y Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos de dicha valoración; la matriz de valoración para cada fase se encuentran completas dentro del capítulo VIII para su cotejo a mayor detalle.

Tabla 11. Resumen de la matriz de valoración de la fase constructiva.

FACTOR	IMPACTO	NAT	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
AGUA						
Calidad del Agua	Contaminación de cauces con basura	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	-	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	-	MODERADO	SI	NO	SI
Dinámica de Cauces	Modificación de cauces	-	IRRELEVANTE	SI	SI	NO
	Azolve de cauces por residuos de obra	-	MODERADO	SI	NO	SI
SUELO						
Erosión	Exposición del suelo al intemperismo	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Relieve y Topografía	Modificación al relieve y topografía	-	MODERADO	SI	SI	NO
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura	-	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	-	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	-	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
ATMOSFERA						
Calidad del Aire	Presencia de gases contaminantes	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Generación de polvos	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Confort Sonoro	Aumento emisiones sonoras	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
VEGETACIÓN						
Bosque de Pino	Disminución en la cobertura vegetal	-	SEVERO	SI	SI	NO

FACTOR	IMPACTO	NAT	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
	Disminución en la biodiversidad	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Perdida de hábitat	-	MODERADO	SI	SI	NO
Especies en Norma	Retiro de individuos	-	MODERADO	SI	NO	SI
Bosque de Pino-Encino	Disminución en la cobertura vegetal	-	SEVERO	SI	SI	NO
	Disminución en la biodiversidad	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Perdida de hábitat	-	MODERADO	SI	SI	NO
FAUNA						
Reptiles	Muerte de individuos	-	MODERADO	NO	NO	NO
	Afectación a especies en norma	-	MODERADO	NO	NO	SI
	Caza de individuos	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Fragmentación del hábitat	-	MODERADO	SI	SI	NO
Anfibios	Afectaciones a especies en norma	-	MODERADO	NO	NO	SI
Mamíferos	Muerte de individuos	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Fragmentación del hábitat	-	MODERADO	SI	SI	NO
Lepidópteros	Disminución de sitios de percha	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Fragmentación del hábitat	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Muerte de individuos por obras	-	MODERADO	NO	NO	SI
	Afectación a especies en norma	-	MODERADO	NO	NO	SI
Aves	Reducción de sitios de percha	-	MODERADO	NO	SI	NO
	Ahuyento por ruido	-	MODERADO	NO	NO	NO
PAISAJE						
Calidad Paisajística	Afectación a componentes estéticos	-	MODERADO	SI	SI	NO
MEDIO ECONÓMICO						
Empleo	Consumo de productos locales de las comunidades cercanas	+	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
MEDIO SOCIAL						
Accidentes	Ocurrencia de accidentes	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Infraestructura Urbana	Afectaciones al tránsito por obras	-	IRRELEVANTE	NO	NO	NO

Tabla 12. Resumen de la matriz de valoración de la fase operativa.

FACTOR	IMPACTO	NAT	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
AGUA						
Calidad del Agua	Aumento en la presencia de basura en cauces	-	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Mejora del flujo hídrico actual	+	MODERADO	SI	NO	NO
SUELO						
Calidad del Suelo	Aumento de presencia de basura en suelos	-	MODERADO	NO	SI	NO
VEGETACIÓN						
Bosque de Pino	Introducción de especies exóticas	-	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Incendios forestales	-	MODERADO	NO	NO	SI
Bosque de Pino-Encino	Introducción de especies exóticas	-	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Incendios forestales	-	MODERADO	NO	NO	SI
FAUNA						
Reptiles	Ampliación del efecto barrera	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Atropellos	-	MODERADO	NO	NO	NO
Anfibios	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	-	MODERADO	NO	NO	SI
Mamíferos	Ampliación del efecto barrera	-	MODERADO	SI	SI	NO
	Atropellos	-	MODERADO	NO	NO	NO
Lepidópteros	Atropellos	-	MODERADO	NO	NO	SI
PAISAJE						
Calidad Paisajística	Aumento de presencia de basura	-	IRRELEVANTE	SI	SI	NO
MEDIO ECONÓMICO						
Reducción de gastos	Reducción en tiempos de recorrido	+	MODERADO	SI	NO	NO
MEDIO SOCIAL						
Turismo	Mejora de accesibilidad al turismo	+	SEVERO	SI	NO	NO
Salud	Reducción de tiempos de traslado a centros de salud	+	SEVERO	SI	NO	NO
Infraestructura Urbana	Mejor interconexión regional	+	MODERADO	SI	NO	NO
	Mejor flujo vehicular	+	MODERADO	SI	NO	NO
Calidad de Vida	Aumento de la seguridad de la carretera	+	SEVERO	SI	NO	NO
	Mejor infraestructura para el trasporte y comercio	+	MODERADO	SI	NO	NO

V.4 IMPACTOS RESIDUALES

En el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, es su artículo tercero se define al impacto residual como *"El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación "*. En la Tabla 13 y Tabla 14 se enlistan los impactos ambientales determinados para el proyecto que cuentan con la característica residual resultante del proceso de valoración que se efectuó para cada impacto. Así mismo se menciona si el impacto cuenta con alguna otra característica como ser acumulativo o sinérgico, además se muestra la magnitud con la que se obtuvo el impacto.

Tabla 13. Impactos residuales del proyecto para la fase constructiva.

IMPACTO	RESIDUAL	OTRA CONDICIÓN	CATEGORÍA
AGUA			
Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	SI	--	IRRELEVANTE
Contaminación de cauces con residuos peligrosos	SI	SINÉRGICO	MODERADO
Modificación de cauces	SI	ACUMULATIVO	IRRELEVANTE
Azolve de cauces por residuos de obra	SI	SINÉRGICO	MODERADO
SUELO			
Modificación al relieve y topografía	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	SI	--	IRRELEVANTE
Contaminación de suelos con residuos peligrosos	SI	--	IRRELEVANTE
VEGETACIÓN			
Disminución en la cobertura vegetal	SI	ACUMULATIVO	SEVERO
Disminución en la biodiversidad	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
Perdida de hábitat	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
Retiro de individuos	SI	SINÉRGICO	MODERADO
FAUNA			
Fragmentación del hábitat	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
Disminución de sitios de percha	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
PAISAJE			
Afectación a componentes estéticos	SI	ACUMULATIVO	MODERADO

Tabla 14. Impactos residuales del proyecto para la fase operativa.

IMPACTO	RESIDUAL	ACUMULATIVO	CATEGORÍA
AGUA			
Mejora del flujo hídrico actual	SI	--	MODERADO
FAUNA			
Ampliación del efecto barrera	SI	ACUMULATIVO	MODERADO
PAISAJE			
Aumento de presencia de basura	SI	ACUMULATIVO	IRRELEVANTE
MEDIO ECONÓMICO			
Reducción en tiempos de recorrido	SI	--	MODERADO
MEDIO SOCIAL			
Mejora de accesibilidad al turismo	SI	NO	SEVERO
Reducción de tiempos de traslado a centros de salud	SI	NO	SEVERO
Mejor interconexión regional	SI	NO	MODERADO
Mejor flujo vehicular	SI	NO	MODERADO
Aumento de la seguridad de la carretera	SI	NO	SEVERO
Mejor infraestructura para el trasporte y comercio	SI	NO	MODERADO

V.5 IMPACTOS ACUMULATIVOS

Nuevamente la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, define los impactos acumulativos como "El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. El listado de los impactos que presentan esta característica obtenidos en la evaluación realizada se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16, nuevamente se menciona su magnitud y en si el impacto presenta alguna otra condición, esto para ambas fases.

Tabla 15. Impactos acumulativos del proyecto para la fase constructiva.

IMPACTO	ACUMULATIVO	OTRA CONDICON	CATEGORÍA
AGUA			
Modificación de cauces	SI	RESIDUAL	IRRELEVANTE
SUELO			

IMPACTO	ACUMULATIVO	OTRA CONDICON	CATEGORÍA
Modificación al relieve y topografía	SI	RESIDUAL	MODERADO
Contaminación de suelos con basura	SI	--	IRRELEVANTE
VEGETACIÓN			
Disminución en la cobertura vegetal	SI	RESIDUAL	SEVERO
Disminución en la biodiversidad	SI	RESIDUAL	MODERADO
Perdida de hábitat	SI	RESIDUAL	MODERADO
FAUNA			
Fragmentación del hábitat	SI	RESIDUAL	MODERADO
Disminución de sitios de percha	SI	RESIDUAL	MODERADO
PAISAJE			
Afectación a componentes estéticos	SI	RESIDUAL	MODERADO

Tabla 16. Impactos acumulativos del proyecto para la fase operativa.

IMPACTO	ACUMULATIVO	OTRA CONDICION	CATEGORÍA
AGUA			
Aumento en la presencia de basura en cauces	SI	--	IRRELEVANTE
SEULO			
Aumento de presencia de basura en suelos	SI	--	MODERADO
VEGETACIÓN			
Introducción de especies exóticas	SI	--	IRRELEVANTE
FAUNA			
Ampliación del efecto barrera	SI	RESIDUAL	MODERADO
PAISAJE			
Aumento de presencia de basura	SI	RESIDUAL	IRRELEVANTE

En la fase constructiva se aprecia que la mayoría de los impactos se presentan en magnitud moderada, siendo que con esta magnitud se esperan 20 impactos, esto se concentran principalmente en los componentes de vegetación y en la fauna los cuales serán los componentes que presentan mayor alteración por el proyecto. Los impactos irrelevantes se encuentran, en número muy cerca de los moderados, se espera que 15 de los impactos esperados sean de magnitud irrelevante, esto considerando que estos impactos, en caso de presentarse, no constituyen fuentes de cambio considerables en el medio y sus condiciones actuales. Finalmente el proyecto contempla la aparición de 2 impactos severos para esta fase

constructiva, y este es la disminución de cobertura vegetal para los tipos de vegetación a afectar (bosque de pino y bosque de pino-encino). La Figura 14 muestra esta distribución de manera porcentual.

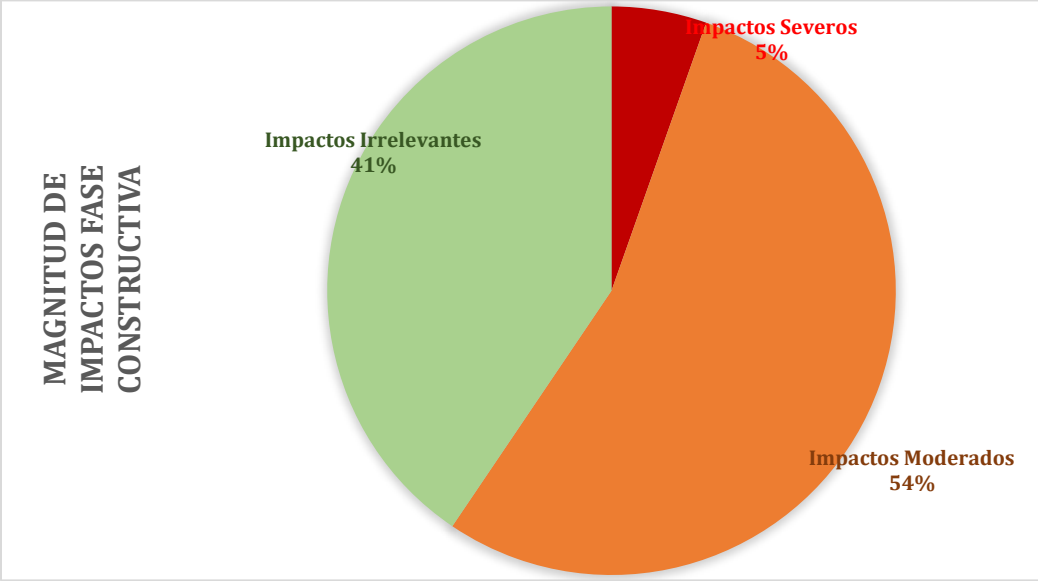


Figura 14. Magnitud de los impactos en fase constructiva.

Para el caso de las características que los impactos presentarán en la fase constructiva, se aprecia que los impactos predominantes serán los residuales con la aparición de 19 de ellos, lo cual se debe a las modificaciones permanentes que se realizarán en el medio por la construcción del proyecto. Le siguen los impactos acumulativos, de los cuales se espera 15 y constituyen principalmente a impactos existentes que verán ampliada su presencia por la ejecución de las obras previstas en el proyecto. Finalmente se espera la presencia de 7 impactos sinérgicos, estos corresponden a afectaciones que recaen no solo en un solo factor o componente analizado y sus efectos se extienden en el medio afectando diversos factores. Su distribución porcentual se aprecia de la siguiente manera (Figura 15).

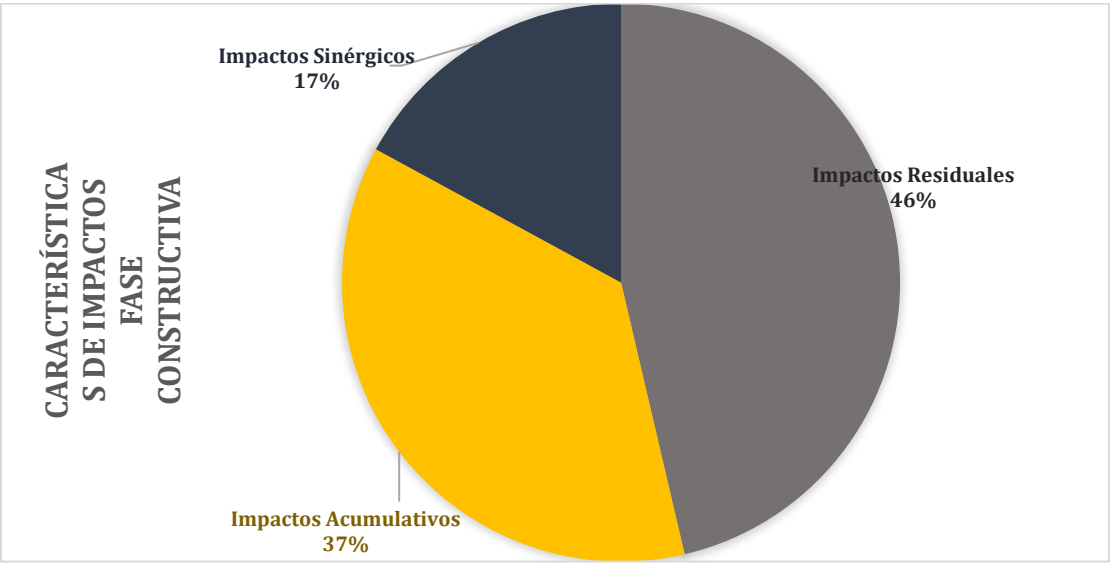


Figura 15. Características de los impactos en fase constructiva.

En lo que respecta a las magnitudes observadas en la fase operativa, se aprecia que la mayor presencia de impactos se concentra en los de magnitud moderada con la presencia de 14 de estos, los cuales se concentran en los componentes de fauna y el medio social. Le siguen los impactos irrelevantes con la presencia de 4 de ellos. Y por último se presentan los impactos severos de los cuales se espera la presencia de 3 de estos, cabe destacar que estos impactos severos de la fase operativa, todos son de naturaleza positiva y constituyen beneficios importantes esperados por el proyecto hacia el componente de medio social. No se espera la presencia de impactos críticos en ninguna fase del proyecto. La distribución porcentual de las magnitudes de los impactos evaluados se presenta en la Figura 16.

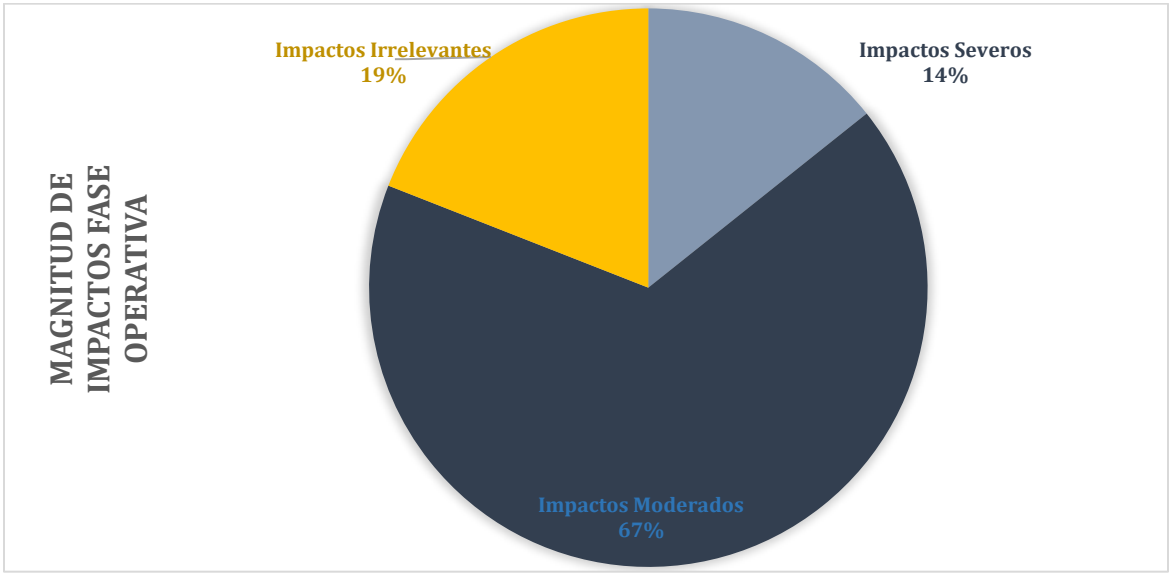


Figura 16. Magnitud de los impactos en fase operativa.

Finalmente las características que presentan los impactos evaluados en la fase operativa arrojan que los de mayor presencia serán los impactos residuales con 11 de ellos, estos concentrados principalmente en el componente del medio social, y se traducen en beneficios permanentes que presentará el proyecto en dicho componente. Le siguen los impactos acumulativos con 7 de estos. En lo que respecta a los impactos sinérgicos estos se esperan en 4 ocasiones para esta fase y corresponden a los componentes de vegetación y fauna. Su distribución porcentual se aprecia en la Figura 17.

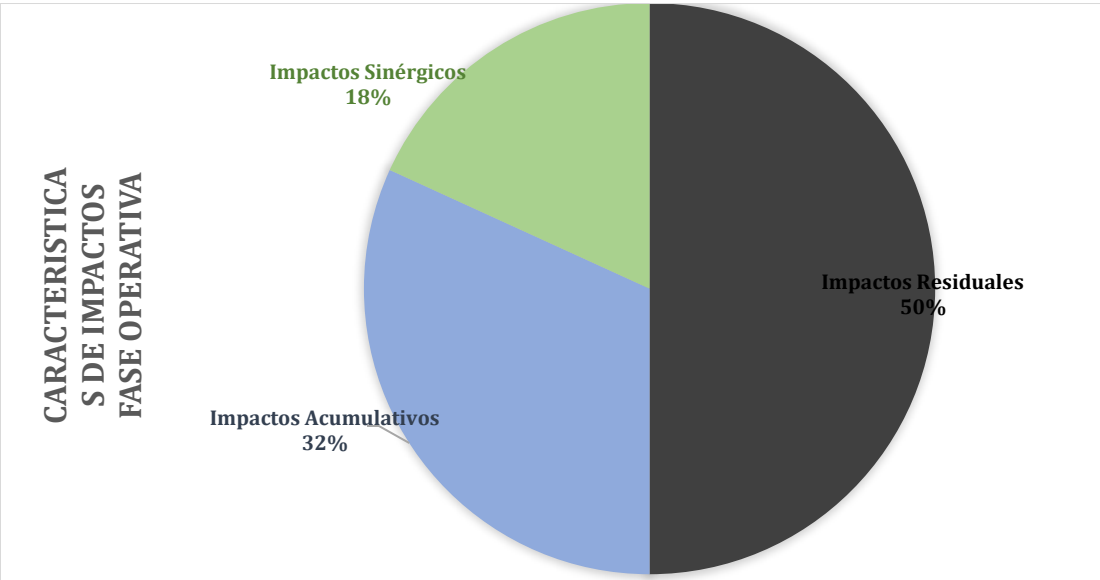


Figura 17. Características de los impactos en fase operativa.

V.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

V.6.1 Resumen de impactos

V.6.1.1 Impactos ambientales existentes

Con la finalidad de reconocer las tendencias y las condiciones actuales en las que se presentan el medio ambiente donde se asentará el proyecto, y con ello poder generar un mejor panorama y sustento para la evaluación de los impactos ambientales que se esperan por el proyecto, se efectuó la evaluación de las condiciones del medio y de los impactos ambientales existentes, derivados de las actividades económicas, la presencia de centros urbanos y la misma presencia y operación de la carretera actual, los cuales han propiciado el deterioro de las condiciones naturales de la zona y sus componentes ambientales.

La metodología que se implementó para la evaluación de los impactos ambientales existentes, es la misma que se utilizó para la determinación de los impactos ambientales que se desprendan de la construcción y operación del proyecto. Es decir, inicialmente se implementó una matriz de correlación causa-efecto, en la cual se contrastaron los componentes y factores ambientales

principales con las actividades que se desarrollan actualmente en la zona, de esta manera se obtuvieron los impactos ambientales existentes, los cuales posteriormente se procedió a su valoración mediante la metodología de Conesa Fernández Vitora. De esta manera se obtuvo la magnitud de dichos impactos actuales. La matriz de valoración de los impactos existentes se encuentran en el capítulo VIII de la presente MIA-R para su cotejo. A continuación se describen dichos impactos y las magnitudes alcanzadas.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Urbanización	Agua	Contaminación de cauces	Acumulativo	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de basura en cauces

Debido a la topografía accidentada, la presencia de escurrimientos en la zona y el SAR del proyecto es alta, los que se encuentran más cercanos a centros urbanos son aquellos en los que se presenta mayor presencia de residuos, si bien este no es un impacto constante en todos los cuerpos de agua o en presencia de volúmenes que pongan en riesgo la calidad del agua, si se presentan de manera ocasional en algunas de dichos cuerpos de agua, por lo que, la magnitud actual de este impacto es irrelevante, enfocándose principalmente en zonas cercanas a las localidades y poblaciones presentes, con lo que se considera una extensión del impacto de sitios puntuales.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual	Agua	Modificación de cauces	Residual	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Obras de drenaje del camino

Debido a la construcción de la carretera actual, se implementaron obras de drenaje las cuales modificaron en sitios específicos de las escorrentías y cauces, la mayor afectación se presentan en aquellos cuerpos que cruzan con el cuerpo carretero, las afectaciones son puntuales y no modifican la trayectoria o el flujo hídrico que estos conducen, concentrándose únicamente en el cruce de flujo por la carretera, por lo que las afectaciones son menores, aunque son permanentes derivado de la presencia constante de estas estructuras en el medio, por lo que se consideran residuales. El impacto nuevamente es de importancia irrelevante.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización	Suelo	Alteración al relieve y topografía	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Modificación de relieve y topografía

El relieve y la topografía natural del sitio se han visto modificados ampliamente por la realización de actividades agrícolas, el crecimiento de las zonas urbanas e incluso también por la construcción de la carretera actual y los diversos caminos, brechas y calles que interconectan las localidades urbanas dentro del SAR del proyecto. Esta modificaciones son permanente por lo que, el impacto se considera residual y debido a que estas infraestructuras junto a las zonas urbanas han crecido a lo largo del tiempo, también la alteración al relieve y topografía que se derivan de estas actividades, se considera un impacto acumulativo. Su importancia, si bien, no es severa, si se considera moderada, debido a que este efecto se aprecia en múltiples puntos dentro del SAR determinado para el proyecto.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización	Suelo	Eventos erosivos	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Eventos de deslaves

Por eventos climáticos extensos, principalmente precipitaciones pluviales, se han presentados deslaves y caídas de agregados en diferentes puntos del SAR del proyecto, a lo largo del tiempo, estos han ocasionado modificaciones al terreno en su relieve y topografía, esto se ve favorecido por las pendientes pronunciadas que se presentan en la región con topografía accidentada y los tipos de suelos que se presentan en dicha región. Los eventos has sido aislados y no frecuentes y se han presentado en diversas magnitudes, algunos de estos ocasionando daños considerables en la infraestructura carretera. Esto eventos también han favorecido la pérdida de vegetación por arrastre en los deslaves o por sepultamiento por material térreo y pétreo. Sin embargo, no son eventos que propicien la mayor modificación de la superficie dentro del SAR.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización	Suelo	Presencia de residuos sólidos urbanos	Residual/ Acumulativo	Permanente	Parcial	- Moderado	Indirecto	Presencia de basura

La mala disposición de basura por parte de habitantes, visitantes de la zona y usuarios del camino ha ocasionado que en algunos puntos, exista presencia de residuos sólidos urbanos dispuestos al aire libre, estos ha propiciado sitios contaminados que se reflejan mayormente en zonas urbanas y sus alrededores, así como, a las orillas de la carretera actual. Si bien, estos sitios no son de grandes extensiones de terreno, si se encuentran abundantemente a lo largo del camino actual y de las zonas habitadas.

Generalmente los residuos se van a cumulando a lo largo del tiempo derivado de su tiempo de degradación por lo que el impacto se considera acumulativo, y debido a su permanencia en el medio y su frecuente aparición el impacto también se considera residual. La importancia de este impacto actual se presenta como magnitud moderada.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Actividades agrícolas	Suelo	Degradación de suelos	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Degradación de suelos y erosión

La degradación del suelo por el uso de agroquímicos para las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona, las cuales abarcan una gran superficie dentro del SAR determinado para el proyecto, y el desmonte de zonas naturales para su aprovechamiento en esta actividad económica, es de amplia magnitud, por lo que mucha superficie del SAR presenta algún grado de degradación en sus suelos. Así mismo, las zonas urbanizadas también han favorecido, la presencia de esta degradación. Otro factor importante que contribuye a las condiciones del suelo actual, es la presencia de erosión en la zona, derivada del desmonte de la vegetación nativa y la implementación de zonas de cultivos, así como, las zonas urbanas y la infraestructura vial de la región. La importancia de este impacto resulta moderada, ya que si bien, la superficies degradadas son amplias, la degradación presente no es total o severa, es de magnitud media.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización	Aire	Presencia de gases contaminantes	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Obras de drenaje del camino

El crecimiento de las zonas urbanas y el uso de la carretera actual, propician la aparición de fuentes de emisiones de gases contaminantes que afectan la calidad del aire, ya sea por las actividades desarrolladas en dichas zonas urbanas o por el paso de vehículos en la carretera. Sin embargo, no se presentan concentración importantes de contaminantes que constituyan riesgos a la salud, por lo que el impacto es irrelevante y no presenta ninguna característica.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización	Aire	Alteraciones sonoras	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Generación de ruidos

Otro efecto que se deriva del crecimiento de zonas urbanas y el uso de las vías de comunicación de la región y en especial consideración de la zona del SAR, será el aumento de emisiones sonoras derivadas de la presencia de personas y las actividades que desarrollan. Estas alteraciones son de baja magnitud en comparación con zonas urbanas extensas por lo que su magnitud resulta irrelevante, al ocasionar perturbaciones de amplia afectación.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Actividades agrícolas	Vegetación	Cambio de uso de suelo	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Severo	Directo	CUSTF

La pérdida de cobertura vegetal y la diversidad también ha tenido efecto sobre las comunidades de flora originarias de la región, esta se ha derivado principalmente por la realización de actividades como el cambio de uso de suelo, con fines agrícolas, pecuarios y por la tala clandestina de los recursos maderables de la región. Si bien en zonas cercanas al SAR del proyecto, este efecto es mayor que al presentado dentro de dicho SAR, la zona no es ajena a este efecto y se han propiciado reducciones de la superficie forestal en contraste al aumento de las zonas destinadas al aprovechamiento agrícola y a superficies que han sido desmontadas para la extracción de recursos maderables. Su intensidad al paso del tiempo se considera moderada pero constante y se ha acumulado lo largo del tiempo.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Tala clandestina	Vegetación	Tala de arbolado	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	CUSTF

Otro gran aspecto que contribuye al cambio de uso del suelo en terrenos forestales que experimenta la región, es la tala o extracción de recursos maderables, con fines comerciales, industriales o de consumo personal, esto se efectúa de manera clandestina y es una actividad que se ha desarrollado por muchos años sin lograr su control o erradicación. Esta actividad ha favorecido el crecimiento de las zonas destinadas al aprovechamiento agrícola, por el desmonte realizado por lo que, contribuye ampliamente al deterioro de la cobertura de vegetación natural de la zona. Debido a su presencia a lo largo del tiempo, el impacto se presenta como residual y considerando que este no se ha detenido a lo largo del tiempo y que contribuye o se une al cambio de suelo de terrenos forestales por las actividades agrícolas, el impacto se considera acumulativo. Considerando la amplia superficie que ha sido desmontada en la zona el impacto también se considera severo.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Actividades agrícolas y tala clandestina	Vegetación	Afectaciones por plagas	Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Indirecto	Presencia de plagas

El cambio de uso de suelo con fines agropecuarios, así como la tala de vegetación arbórea, han propiciado que la calidad fitosanitaria de los bosques presentes presente evidencias de problemas con plagas que han afectado la calidad del ecosistema local. Estas comprometen la supervivencia de especies y comunidades florísticas. Otro factor que ha favorecido la presencia de estas plagas en el ecosistema, es la introducción de especies invasivas y oportunistas que se desprenden de las actividades agrícolas y del cambio de uso de suelo.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Urbanización	Vegetación	Incendios forestales	Sinérgico	Fugaz	Extenso	- Moderado	Indirecto	Eventos de incendios forestales

Otro impacto que se presenta en la zona y que afecta a la vegetación natural, es la presencia de incendios forestales. Estos si bien, son eventos ocasionales, estos tienen grandes repercusiones en la calidad de la vegetación y las condiciones en las que se presenta y pueden afectar superficies considerables por cada evento presentado. Estos incendios no solo afectan la cobertura vegetal, también afectan el hábitat de las especies de fauna y también son usados por los pobladores para expandir las zonas de cultivo por lo que afectan diversos factores, esto hace que el impacto se considere sinérgico, y su magnitud resulta en moderada.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Actividades agrícolas	Fauna	Perdida de hábitat	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Severo	Directo	CUSTF

Como consecuencia del cambio de uso de suelo en terrenos forestales que se ha presentado a lo largo del tiempo, por el crecimiento de las superficies destinadas a actividades agrícolas y la expansión de las zonas urbanas, los hábitat de la fauna se han deteriorado y eliminado paulatinamente, esto ha afectado a las especies nativas de la zona y representa el mayor riesgo hacia estas especies y su presencia en la zona. Este impacto se considera residual derivado de su permanencia a lo largo del tiempo de las superficies desmontadas y de las zonas urbanas. Así mismo, se considera acumulativo considerando el crecimiento a lo largo del tiempo. Teniendo en cuenta la amplia superficie del SAR que se aprecia como remanente de la vegetación natural, el impacto se considera severo.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Actividades agrícolas	Fauna	Desplazamiento de fauna	Residual	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	CUSTF

El deterioro del hábitat que se describe en el impacto ambiental anterior, es el principal factor que ha propiciado el desplazamiento de la fauna local, si bien, aun se presenta fauna de gran importancia para los ecosistemas y representativa de la zona (como el ajolote arroyero de Toluca con categoría de Protección especial por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010), otras especies se han desplazado hacia zonas con condiciones de mejor conservación y menor perturbación aunque también algunas de las especies naturales, ya no es posible observarlas en el medio natural. Este deterioro influye en las poblaciones de especies por lo que su importancia resulta moderada.

Obras y/o actividades que actualmente se desarrollan en el SAR	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera actual / urbanización y actividades agrícolas	Paisaje	Deterioro de elementos paisajísticos	Residual	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	CUSTF, modificación del relieve y urbanización

Como parte de las diferentes fuentes de perturbación que se presentan en la región, se han deteriorado diferentes componentes naturales que conforman las cuencas visuales actuales, elementos paisajísticos como relieve, vegetación y cauces se han modificado en distinto grado cada uno, pero que en su conjunto han deteriorado la calidad paisajística y naturalidad de la cuenca, por ende, el paisaje también ha sufrido modificaciones importantes. El impacto es residual considerando que estas actividades y motivos por lo que se han originado estos cambios, siendo estos de presencia permanente en el medio y la magnitud del impacto actual se considera de importancia moderada, teniendo en cuenta que el deterioro no es total y se presentan relictos con condiciones naturales.

V.6.1.2 Impactos ambientales del proyecto

Teniendo en cuenta las condiciones, procesos y presiones que se presentan actualmente en el medio donde se prevé la ampliación de la carretera, se pueden sentar las bases para la valoración de los impactos esperados en el proyecto, su magnitud y sus características con un enfoque incluyente del desarrollo de las condiciones de los componentes ambientales. A continuación se presenta la descripción de los impactos ambientales esperados en el proyecto y su magnitud y características de acuerdo a las condiciones actuales de la zona y los procesos que en ella se desarrollan.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción de obras de drenaje	Agua	Contaminación de cauces con basura	--	Temporal	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de residuos en cauces
Fase: Constructiva								

Durante la construcción de las obras de drenaje que requieren para el proyecto, se puede presentar el abandono de basura en los sitios de obra, los cuales corresponden a cauces que interceptan el camino actual y el eje proyectado por la ampliación prevista. Esto puede derivar en la contaminación del agua que circule por los cauces mencionados; actualmente la presencia de residuos en los cauces y obras de drenaje del camio actual es baja, si bien no es nula, algunos de los cauces presentan algunos residuos, pero otros no, además que no se observaron cauces altamente contaminados por la presencia de basura por lo que se espera que en caso de presentarse este impacto sea de baja magnitud para la fase constructiva sin presentar acumulación a condiciones actuales.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción de obras de drenaje	Agua	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	Residual	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Superar límites establecidos por la NOM-001 SEMARNAT-2021
Fase: Constructiva								

Otro tipo de residuos que pueden presentarse en los cauces y afectar la calidad del flujo hídrico durante la fase constructiva del proyecto es la presencia de residuos y materiales de obra que se abandonen o depositen accidentalmente en dichos cauces. Estos residuos debido a sus características suelen permanecer en el medio durante mucho tiempo por lo que en caso de que se presente el abandono de estos materiales y residuos en algunas de las obras de drenaje proyectadas, se considera como un impacto residual. Su importancia se estima irrelevante considerando que las obras de drenaje deberán de quedar libres de residuos de cualquier tipo al finalizar la obra, además de la baja magnitud de las obras a efectuarse por lo que su magnitud se obtiene baja.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción de obras de drenaje	Agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Residual/ Sinérgico	Permanente	Puntual	- Moderado	Indirecto	Superar límites establecidos por la NOM-001 SEMARNAT-2021
Fase: Constructiva								

Durante las obras de ampliación de la carretera actual se utilizarán materiales e insumos que pueden ser considerados o generadores de residuos peligrosos, los cuales pueden ser depositados accidental o negligentemente en los cauces de las obras de drenaje proyectadas. Esto nuevamente propiciando el deterioro de la calidad del agua que circule por estos puntos. Estos residuos tienen amplia permanencia temporal por lo que se consideran residuales, además que su presencia en el agua puede propiciar la contaminación de hábitat de especies de flora y fauna por lo que el impacto también se considera sinérgico, afectando diversos componentes del medio. Su magnitud se obtiene moderada considerando que el volumen de estos materiales y las obras a ejecutarse son de baja magnitud, por lo que no se espera que se puedan generar fuentes de contaminación muy amplias o de gran magnitud.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción de obras de drenaje	Agua	Modificación de cauces	Residual/ Acumulativo	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Directo	Superficie de afectación a zona federal
Fase: Constructiva								

Derivado de la construcción de las obras de drenaje que el proyecto requiere se afectarán 6 zonas que por sus condiciones y dimensiones corresponden a zonas federales, es necesario mencionar que estos cauces ya se encuentran afectados por la construcción de las obras de drenaje que se efectuaron en la construcción de la carretera actual por lo que ya presentan un grado de alteración a las condiciones naturales, por ende, el impacto se aprecia acumulativo. El impacto se estima irrelevante ya que si bien la superficie de intervención de zonas federales será de 0.589 ha, de las cuales solo 0.322 ha corresponden a superficies con presencia de vegetación forestal de bosque de pino y pino-encino, además, como se ha explicado, no corresponden a sitios sin alteración o zonas de nueva afectación y solo corresponde a la ampliación de las obras existentes y la intervención que propició dicha carretera en las mencionadas zonas federales.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción de obras de drenaje	Agua	Azolve de cauces por residuos de obra	Residual/ Sinérgico	Permanente	Puntual	- Moderado	Indirecto	Interrupción de flujos hídricos
Fase: Constructiva								

En caso de existir abandono de materiales o residuos de construcción, así como mal manejo de estos en la obra, se puede presentar el azolve de alguna de las obras de drenaje que se construirán en el proyecto. Esto corresponde a una alteración del flujo natural de la escorrentía superficial, lo cual, considerando la importancia que representa este componente para especies de vegetación y fauna de la región hacen que el impacto se considere de magnitud moderada. El impacto se considera sinérgico ya que la falta de flujo hídrico o la alteración de estos puede propiciar que zonas carezcan del flujo necesario para funcionar como sitios de hábitat de flora y fauna, y considerando que en la zona la presencia de la especie de ajolote *Ambystoma rivulare* que cuenta con categoría de protección especial (Pr) por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010, que son de alta importancia ambiental y se encuentran amenazados en sus poblaciones por lo que se pueden afectar sitios con presencia de estas especies.

Sin embargo, este impacto se considera de baja probabilidad de ocurrencia considerando que el proyecto contempla la limpieza del derecho de vía una vez se concluyan los trabajos de construcción y que las obras de drenaje serán nuevas por lo que se deberá de garantizar su funcionamiento adecuado.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Agua	Aumento en la presencia de basura en cauces	Acumulativo	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de residuos en cauces
Fase: Operativa								

Con la mejora de la carretera actual y su ampliación prevista, se espera que aumente la cantidad de basura que se pueda depositar en las orillas del camino y por consiguiente en las obras de drenaje ya sea de manera directa o por arrastre. Actualmente la presencia de estos residuos no es ajena a las obras de drenaje actuales, sin embargo, su presencia no es abundante o crítica en estas obras, por lo que el aumento esperado no se considera que pueda ser de alto volumen o que la carretera sea un generador de grandes cantidades de residuos, por lo que el impacto se espera irrelevante aunque se considera acumulativo.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Agua	Mejora del flujo hídrico actual	Residual	Permanente	Puntual	+ Moderado	Directo	Obras de drenaje del proyecto
Fase: Operativa								

El proyecto considera la construcción, modernización, sustitución y limpieza de obras de drenaje, lo cual permitirá la continuidad de flujos hídricos que transcurren en la zona y sitios de obra. Esta modernización de las obras de drenaje constará de 143 sustituciones de obras existentes, 2 obras existentes se verán ampliadas, se construirán 41 obras nuevas y solo 4 obras existentes permanecerán con las características actuales, mismas que se encuentran operando correctamente, por lo que el proyecto contará finalmente con 190 obras de drenaje operantes para solventar la escorrentía de la zona. De las obras proyectadas 188 corresponden a obras de drenaje menores, siendo 167 tubos de concreto, 12 lozas de concreto, 3 cajones de concreto y 6 bóvedas. Además se consideran 2 obras mayores, una correspondiente a un tubo de 6.71 m de diámetro y la ampliación de un puente existente. El impacto se considera positivo, ya que como se apreció en la visita de campo, muchas de las obras actuales no operan de manera adecuada, por presentar daños estructurales así como azolves por materiales vegetales y térreos por lo que no están cumpliendo su funcionalidad eficientemente.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Terraplenes y escalones de liga	Suelo	Exposición del suelo al intemperismo	--	Permanente	Parcial	- Irrelevante	Directo	Desprendimiento de materia térreo o pétreo
Fase: Constructiva								

Con la conformación de los terraplenes y cortes requeridos se expondrán capas de suelo al intemperismo, el cual ocasiona la erosión de suelos y la pérdida de los mismos, esto puede ser de manera gradual o de manera constante y acelerada. Sin embargo, la vegetación con el paso del tiempo tiende a su recubrimiento y con ello a frenar este efecto. Esto es apreciable en los taludes con los que opera la carretera actual por lo que se espera el mismo efecto en los cortes y taludes que se efectúen para la ampliación de la carretera. El impacto se espera irrelevante considerando que los suelos presentes en los sitios de obra no se de alta erosividad.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Excavaciones y cortes	Suelo	Modificación al relieve y topografía	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Superficie de construcción del proyecto
Fase: Constructiva								

Derivado de los cortes y las excavaciones previstas para su implementación en la construcción del proyecto, así como de la construcción de los 10 entronques a nivel previstos se modificará el relieve y topografía en los sitios de obra. Además es necesario considerar que en algunos sitios la obra proyectada abandona la carretera existente, esto no se debe a que se consideren cambios de ruta o aperturas en el proyecto, pero esto resulta de la necesidad de alcanzar las condiciones geométricas deseadas por lo que se presentan alineaciones de curvas y del trazo para alcanzar las especificaciones requeridas. También es necesario hacer mención que el relieve y la topografía del sitio ya se encuentran modificados por la construcción de la carretera original, además de las zonas urbanas por las que se desplaza el proyecto, esto hace que el impacto sea acumulativo considerando que este efecto existente será ampliado por las obras previstas. Este efecto será permanente por lo que el impacto se obtiene residual. El impacto se presentará en una superficie de 126.2 ha correspondiente a la línea de ceros del proyecto por lo que su magnitud se obtiene en Moderada.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Suelo	Contaminación de suelos con basura	Acumulativo	Temporal	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de residuos
Fase: Constructiva								

Con la presencia del personal y las actividades cotidianas que estos realizan se generarán residuos sólidos urbanos como son botellas plásticas y de vidrio, envolturas, papel cartón, unicel y latas, que de ser depositadas al aire libre propiciarían la contaminación de los suelos donde estos sean dispuesto. La presencia de basura en los alrededores de la carretera actual ya es presente pero no se aprecia en grandes cantidades, sin embargo, por la presencia de dichos residuos el impacto se considera acumulativo en caso de presentarse ya que contribuiría a la presencia de basura en la zona. Su importancia se estima irrelevante considerando que el volumen que se pueda generar por el personal que laborará en la obra no será muy grande y no propiciaría fuentes de contaminas abundantes para el suelo.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Suelo	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	Residual	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Superar límites establecidos en la NOM-138 SEMARNAT SSA1-2012
Fase: Constructiva								

Para el caso de presentarse mal manejo de los materiales y residuos de obra, y su abandono en terraplenes, sitios de obra o sitios de obras provisionales estos también pueden afectar a los suelos donde se asienten. El abandono de estos residuos no es ajeno a las obras constructivas y suele ser permanente por lo que el impacto se esperaría residual, sin embargo, su magnitud se espera irrelevante ya que se considera dentro del proyecto la limpieza de la línea de ceros del proyecto al finalizar las obras constructivas por lo que no se espera amplia acumulación de estos residuos ni sitios puntuales con alta concentración de los mismos.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Residual	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Superar límites establecidos en la NOM-138 SEMARNAT SSA1-2012
Fase: Constructiva								

Entre los insumos requeridos para la construcción del proyecto, se tienen materiales que por sus características se pueden considerar como residuos peligrosos o de manejo especial, principalmente pinturas. Solventes, aceites y grasas y combustibles de hidrocarburos, el manejo inadecuado de estos puede resultar en contaminación en los suelos donde se presenten derrames de estos materiales y sustancias o en donde se depositen materiales impregnados con este tipo de residuos como contenedores y envases, estopas y trapos e incluso herramienta y maquinaria. Los volúmenes que se implementarán en la obra de este tipo de materiales y residuos que se puedan generar no serán elevados considerando que el proyecto no los requiere para gran parte del proceso constructivo y no hará fabricación o comercialización de alguno de estos materiales por loque el impacto, en caso de presentarse se espera de intensidad irrelevante, aunque el impacto se consideraría residual por el grado de permanencia de estas sustancias en el ambiente y su difícil degradación.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Suelo	Aumento de presencia de basura en suelos	Acumulativo	Permanente	Puntual	- Moderado	Indirecto	Presencia de residuos
Fase: Operativa								

Como se ha mencionado anteriormente, con la ampliación de la carretera actual, se espera que con el tiempo se incremente el flujo vehicular que presenta, con ello el aumento de los residuos que se depositen en las orillas del camino y puedan afectar los suelos también se espera se incremente. Este efecto ya se observa a las orillas del camino actual, pero su efecto no es de gran magnitud por lo que se esperaría que continue con una tendencia de aumento pero no en desmedida ni que pueda propiciar la creación de tiraderos a cielo abierto o acumulación intensa en un solo sitio de los costados del camino, por lo que el impacto se espera Moderado.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Movimiento de maquinaria y vehículos	Atmosfera	Presencia de gases contaminantes	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Directo	Superar los límites establecidos en la NOM-172-SEMARNAT-2019
Fase: Constructiva								

Debido a la operación de maquinaria, equipo y vehículos requeridos para la construcción del proyecto, se presentará el aumento de gases contaminantes provenientes de la quema de combustibles fósiles de estos vehículos y equipos, así mismo, se presentarán cierres parciales de la carretera actual para el desarrollo de algunas de las actividades constructivas requeridas por lo que en ocasiones existirán congestionamientos viales localizados en donde también se incrementará la presencia de gases contaminantes, sin embargo, este efecto solo es temporal por el periodo de construcción del proyecto, además que su dispersión será rápida y presente con lo que el impacto se espera irrelevante en su magnitud.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Cortes, terraplenes, demoliciones, excavaciones y transporte de materiales	Atmosfera	Generación de polvos	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Directo	Presencia de polvos
Fase: Constructiva								

Otra de las emisiones que se pueden presentar principalmente en las actividades que requieran movimiento o generación de terracerías será la elevación de polvos en el ambiente, mismos que pueden ocasionar molestias para los trabajadores, usuarios del camino y los habitantes de las zonas urbanizadas que cruza el proyecto. Estas afectaciones serán nuevamente temporales y su duración será conforme al avance de los frentes de obra del proyecto. Esto hace que el impacto se obtenga irrelevante.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Cortes, terraplenes, demoliciones, excavaciones y transporte de materiales	Atmosfera	Aumento emisiones sonoras	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Directo	Superar los límites de la NOM-001-STPS-2001
Fase: Constructiva								

Finalmente la operación de maquinaria, equipos, vehículos y las mismas obras a ejecutarse, tendrán la emisión de ruidos durante su periodo de ejecución estos pueden ocasionar molestias a los trabajadores, usuarios y habitantes de las localidades por donde se desplaza el eje del proyecto sin embargo al tratarse de un impacto temporal se considera de magnitud irrelevante.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Desmonte	Vegetación	Disminución en la cobertura vegetal	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Severo	Directo	Superficie de afectación por CUSTF
Vegetación considerada: Bosque de Pino y Pino-Encino								
Fase: Constructiva								

Derivado de la extensión del proyecto y la ampliación requerida, en donde la topografía accidentada favorece el pateo del terraplén que se requiere para alcanzar las especificaciones deseadas, la superficie de afectación por cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto será de 76.348 ha, afectando 26.601 ha de vegetación perteneciente al bosque de pino y 49.746 ha de vegetación correspondiente a pino-encino siendo esta la de mayor afectación por el proyecto. Esta superficie de afectación será permanente considerando que abarca el cuerpo y línea de ceros del proyecto, por lo se efecto se considera residual. Mientras que el impacto resulta acumulativo, considerando que esta superficie se sumará a la disminución de cobertura vegetal que se ha presentado derivado de la expansión de las zonas urbanas y el cambio de uso de suelo en terrenos forestales históricos, consecuencia de las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Desmonte	Vegetación	Disminución en la biodiversidad	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Individuos y especies a remover
Vegetación considerada: Bosque de Pino y Pino-Encino								
Fase: Constructiva								

Derivado de la afectación a vegetación forestal requerida por el proyecto que asciende a 76.348 ha, se requiere el retiro de 14,390 individuos de estrato arbóreo y 23,515 individuos del estrato arbustivo para la vegetación de bosque de pino, mientras que para la vegetación correspondiente a bosque de pino-encino la afectación asciende a 27,761 individuos del estrato arbóreo y 52,541 individuos del estrato arbustivo. La vegetación de bosque de pino y pino-encino no se caracterizan por contener una gran variedad de especies, su composición se caracteriza por albergar pocas especies que se distribuyen con amplitud, por lo que la afectación a la vegetación por los individuos a remover no representa una alteración en la composición de la biodiversidad de la zona. Es por esto que el impacto se obtiene de magnitud moderada, resultando en un impacto residual considerando que la afectación será permanente y acumulativo debido a que a lo largo del tiempo se ha presentado la afectación a las especies presentes derivado del cambio de uso de suelo con fines agrícolas y de crecimiento de las zonas urbanas.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Despalme	Vegetación	Perdida de hábitat	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Superficie de afectación por CAUSTF
Vegetación considerada: Bosque de Pino y Pino-Encino								
Fase: Constructiva								

La superficie forestal a afectar por el proyecto es de 76.348 ha esta corresponde al hábitat de la flora nativa de la zona, el desmonte y posterior despalme de esta superficie corresponde a una modificación y alteración permanente de esta superficie, propiciando su pérdida de manera permanente, lo que hace a este impactos residual siendo que esta superficie albergará la infraestructura carretera resultante de las obras de ampliación. Se considera nuevamente un impacto acumulativo derivado que se sumará a la pérdida de hábitat que se presenta en la zona por el asentamiento de las zonas urbanas y el cambio de uso de suelo que se ha efectuado para el establecimiento de zonas agrícolas

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Desmonte	Vegetación	Retiro de individuos	Residual/ sinérgico	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Individuos y especies a remover
Especies consideradas: *Hesperocyparis lusitánica* y *Comarostaphylis discolor*								
Fase: Constructiva								

Otro efecto que traerá consigo el desmonte requerido con el proyecto es la afectación es especies de flora que se encuentran dentro de alguna de las categorías de protección que establece la NOM-059-SEMARNAT-2010, las especies presentes en la zona de afectación y que a su vez se encuentran dentro de dicha norma son *Hesperocyparis lusitánica* la cual cuenta con categoría de Protección especial (Pr) y de la cual se requiere el retiro de 2,554. Esta especie se encuentra dentro del SAR de proyecto con uso como delimitantes de predios y cercos vivos, así como en labores de reforestación, su distribución se encuentra entremezclada con vegetación natural y con alta presencia en zonas muy perturbadas.

Por su parte la especie de *Comarostaphylis discolor* también se encuentra con estatus de Protección especial (Pr); esta especie es natural de zonas montañosas y también puede desarrollarse en zonas con alto grado de perturbación. El retiro de esta especie se espera en alrededor de los 495 individuos. El impacto se presenta residual por tratarse de una afectación permanente y sinérgico considerando que su efecto es de mayor consideración al tratarse de especies que se encuentran con protección por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Su afectación **NO** se presenta acumulativa considerando para la especie *Hesperocyparis lusitnica,* la aparición y distribución de esta se ve favorecida por el desmonte histórico y su implementación como cercos vivos y delimitantes de predios, además de las labores de reforestación en las que se han utilizado.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Vegetación	Introducción de especies exóticas	Acumulativo	Permanente	Parcial	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de especies invasoras
Vegetación considerada: Bosque de Pino y Pino-Encino								
Fase: Operativa								

La vegetación que se presenta a los costados de los caminos, presenta especies de naturaleza oportunista, que se asientan derivado al retiro de la vegetación natural y a su amplia adaptabilidad a condiciones perturbadas. Este efecto ya se presenta en el camino actual y se verá favorecido por la construcción del proyecto, permitiendo que estas especies se asienten en las colindancias de la carretera. Sin embargo, el proyecto no fomentará el retiro de vegetación con fines agrícolas o de aprovechamiento por lo que el impacto resulta irrelevante.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Vegetación	Incendios forestales	Sinérgicos	Fugaz	Parcial	- Moderado	Indirecto	Superficie afectada por incendios
Vegetación considerada: Bosque de Pino y Pino-Encino								
Fase: Operativa								

Actualmente la zona no es ajena a la presencia de incendios forestales, su presencia se debe a fuegos no autorizados, quemas clandestinas y también a la presencia de basura que se encuentra en los costados del camino actual, sin embargo, si bien su presencia es actual, este impacto no se puede considerar acumulativo al tratarse de eventos aislados y no un efecto continuo en el medio. La afectación que propician este tipo de eventos afectan diversos componentes del medio como son a la vegetación, la fauna, paisaje, entre otros por lo que el impacto se considera sinérgico; la importancia de este impacto resulta moderada.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Fauna	Muerte de individuos	--	Temporal	Puntual	- Moderado	Indirecto	Registros de incidentes
Taxas consideradas: *Reptiles, Mamíferos y Lepidópteros*								
Fase: Constructiva								

Durante las obras constructivas del proyecto se pueden presentar afectaciones a individuos de fauna que se encuentren en los sitios de obra o habiten es estos sitios. Los grupos de mayor susceptibilidad para este impacto son los reptiles por su corto rango de movimiento y hábitos hogareños, al igual que par los lepidópteros, y los mamíferos que también presentan estas características. Acciones como atropellos, sepultamientos y derribos de arbolado son las principales generadoras de muerte de individuos. El impacto se espera irrelevante para los mamíferos siendo que la mayoría de las especies presentes cuentan con la capacidad de desplazamiento para alejarse del sitio de obra, y se considera moderado para los reptiles ya que por el contrario a los mamíferos su rango de movimiento es menor. También para los lepidópteros la afectación se considera moderada ya que por sus hábitos hogareños tienden a poco desplazamiento en las zonas de percha por lo que se prevé que pueda existir afectación a individuos.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Fauna	Afectación a especies en norma	Sinérgico	Temporal	Puntual	- Moderado	Indirecto	Registros de incidentes
Taxas consideradas: *Reptiles, Anfibios y Lepidópteros*								
Fase: Constructiva								

Las afectación es a individuos de fauna son consideradas de mayor importancia para aquellos individuos pertenecientes a especies que se encuentren bajo alguna de las categorías que establece la NOM-SEMARNAT-2010, ya que sus poblaciones se encuentran consideradas en riego o presentan déficit de recuperabilidad. Diversas especies con estas consideraciones se encuentran en el SAR del proyecto entre las más importantes se presentan *Ambystoma rivulare* con categoría de Protección especial (Pr). La mariposa monarca, especie *Danaus plexippus* la cual cuenta con categoría de Amenazada (A) y especies como *Sceloporus grammicus* con categoría de Protección especial también, estas últimas encontradas en el área de influencia del proyecto. En el caso de las aves, si bien se avistaron especies que cuentan con alguna categoría dentro de la norma, debido a su rango de movimiento y capacidad de desplazamiento no hacen a este grupo taxonómico susceptible al impacto. Para el caso de los lepidópteros este impacto se puede presentar mayormente en el desmonte y derivado de la circulación de personal y vehículos en los sitios de obra. Para todos los anfibios, reptiles y lepidópteros, el impacto se estima moderado en caso de presentarse derivado de la susceptibilidad de estos grupos para ser afectados. En todos los casos el impacto se considera sinérgico, debido a la importancia y fragilidad de las especies presentes.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Presencia del personal	Fauna	Caza de individuos	--	Temporal	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Registros de incidentes
Taxas consideradas: *Reptiles*								
Fase: Constructiva								

La presencia del personal puede llegar a representar riesgo de caza para las especies de fauna que se encuentren en los sitios de obra y con las que se tenga contacto, esto afecta principalmente a los reptiles que son el grupo de mayor susceptibilidad para su caza pero en especial a especies de serpientes como lo es *Storeria storerioides* la cual se avisto en el área de influencia directa del proyecto, entre otras especies que también se encontró registro dentro del SAR del proyecto. Miedo, supersticiones y falta de conciencia y educación, son los principales detonantes de estas acciones que pueden poner en riego a los individuos de fauna. Sin embargo, no se esperan encuentros frecuentes con especies de fauna que corran este riesgo, por loque el impacto se estima irrelevante.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Fauna	Fragmentación del hábitat	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Superficie del proyecto
Taxas consideradas: *Reptiles, Mamíferos y Lepidópteros*								
Fase: Constructiva								

Actualmente el hábitat para las diferentes especies y taxas de fauna presentes se encuentra alterado por la presencia de zonas destinadas al cultivo, el crecimiento de las zonas urbanas y la misma operación de la carretera actual, las obras a realizarse corresponden a una expansión de estas alteraciones de manera permanente por lo que el impacto se considera residual y

acumulativo. Dentro del SAR del proyecto se presentan diversas zonas en donde el hábitat de las especies actuales aún se presenta en buenas condiciones y con baja perturbación por lo que el impacto se estima moderado considerando la expansión que representa este impacto sobre un punto ya perturbado y que no representa la modificación de zonas con alto nivel de conservación.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Desmonte	Fauna	Disminución de sitios de descanso	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Superficie de CUSTF
Taxas consideradas: *Lepidópteros y Aves*								
Fase: Constructiva								

El retiro de arbolado y vegetación que se prevé para la ampliación de la carretera constituye una disminución de los sitios de percha de la especie *Danaus plexippus,* la cual se encuentra con categoría de amenazada en la NOM-SEMARNAT-2010. También las aves se ven afectadas por este impacto reduciendo los sitios de posible anidación y descanso de las especies presentes de la zona. La reducción de sitios de percha puede afectar el comportamiento y distribución de estas especies, sin embargo, dentro del SAR aun la representación de vegetación es amplia por lo que el impacto se espera moderado, pero se considera residual al constituir un retiro permanente del volumen de vegetación requerido, además se considera acumulativo ya que se suma a la reducción de cobertura vegetal derivado del crecimiento urbano y el cambio de uso de uso histórico con fines agrícolas.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Construcción del proyecto	Fauna	Ahuyento por ruido	--	Fugaz	Puntual	- Moderado	Directo	Presencia de especies
Taxas consideradas: *Aves*								
Fase: Constructiva								

Las obras a efectuarse, así como el uso de maquinaria y la presencia de personal generarán ruidos y vibraciones que pueden ahuyentar a la fauna presente, principalmente las aves que cuentan con un mayor rango de desplazamiento. Estos ruidos se generarán en los frentes de obra y serán temporales conforme el avance del proyecto. La afectación será temporal y considerando que las especies presentes ya cuentan con cierta resistencia a las perturbaciones sonoras que se presentan por la operación de la carretera actual y las zonas urbanas, el impacto se obtiene de magnitud irrelevante.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Fauna	Ampliación del efecto barrera	Residual/ Acumulativo	Permanente	Extenso	- Moderado	Directo	Superficie del proyecto
Taxas consideradas: *Reptiles y Mamíferos*								
Fase: Operativa								

La operación de la carretera ya supone una barrera para el desplazamiento de especies de fauna que se encuentran en la zona, esto aunado a la modificación de la topografía por la misma construcción de esta, el desmonte y las obras realizadas previamente contribuyen a este efecto, el cual, aumentará su magnitud con la ampliación prevista propiciando mayor dificultan en el desplazamiento de fauna, por este motivo su efecto se considera acumulativo y al tratarse de una modificación permanente el impacto también se considera residual. La importancia del impacto se espera moderada.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Fauna	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	Sinérgico	Permanente	Puntual	- Moderado	Indirecto	Presencia de residuos
Taxas consideradas: *Anfibios*								
Fase: Operativa								

En el caso de presentarse aumento en la presencia de residuos al costado del camino y con el paso del tiempo se pueden presentar mayor arrastre de estos hacia cauces y cuerpos de agua que alimenten sitios con presencia de especies de anfibios que habitan en la zona. Esto puede alterar su hábitat y propiciar afectaciones a estas especies, las cuales, se caracterizan por condiciones específicas de hábitat para lograr su mantenimiento poblacional, como ejemplo de esto son las especies de ajolotes que habitan en la región. El impacto se espera moderado considerando que este efecto de contaminación por basura, si bien es presente, no es alto en las colindancias del camino por lo que no se espera que el proyecto propicie el aumento desmedido de estos residuos.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Fauna	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	Sinérgico (lepidópteros)	Permanente	Puntual	- Moderado	Indirecto	Presencia de residuos
Taxas consideradas: *Reptiles, Mamíferos y Lepidópteros*								
Fase: Operativa								

El aumento de la superficie de la carretera y el esperado aumento de la velocidad de circulación son factores que juegan en contra del éxito del cruce de carretera por parte de la fauna presente.

Si bien este efecto no se aprecia ampliamente en el camino actual, es un impacto existente. Este se considera sinérgico para el caso de los lepidópteros y represente una fuente perturbación considerable. El impacto se espera moderado.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Desmonte, Despalme, Cortes, terraplenes,	Paisaje	Afectación a componentes estéticos	Residual/ Acumulativo	Fugaz	Puntual	- Moderado	Directo	Superficie del proyecto
Fase: Constructiva								

El proyecto requiere del retiro de vegetación en 76.348 ha, mientras que la modificación del terreno derivado de las alineaciones verticales y horizontales que requiere el proyecto en 126.2 ha, son factores que modificarán los componentes naturales y estéticos que conforman la cuenca paisajística del sitio; el deterioro de estos elementos se sumará al efecto ya presente que se deriva de la urbanización que se presenta en las localidades por las que cruza el proyecto, además de la carretera actual y los sitios que han sufrido el cambio de uso de suelo para el establecimiento de actividades agrícolas y ganaderas que rigen la zona, es por este aspecto que el impacto se considera acumulativo a la condición actual y resulta residual ya que se trata de modificaciones permanentes en el medio, su magnitud se espera moderada.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Paisaje	Aumento de presencia de basura	Residual/ Acumulativo	Permanente	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Presencia de residuos
Fase: Operativa								

Como se ha mencionado anteriormente, se espera el aumento del tránsito por esta carretera con el paso del tiempo y con ello se puede presentar un aumento en los residuos que se depositen a los costados del camino, esto también afecta la cuenca paisajística de la zona, y se considera que se acumulará al efecto presente de basura en el costado del camino, el cual no es intenso pero está presente. El impacto se espera irrelevante ya que a pesar de su presencia actual esta es de baja magnitud y se espera siga así con el paso del tiempo.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Presencia del personal	Medio económico	Consumo de productos locales de las comunidades cercanas	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Derrama económica en comercios locales
Fase: Constructiva								

Comercios de las localidades cercanas a los sitios de obra se verán beneficiados de manera temporal por la permanecía del personal encargado de la construcción del proyecto, los productos personales básicos, así como alimentos y bebidas serán adquiridos en los comercios mencionados propiciando un incentivo financiero para los locales beneficiados. Esto se estima será un beneficio indirecto del proyecto pero este será de magnitud irrelevante.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio económico	Reducción en tiempos de recorrido	Residual	Permanente	Parcial	- Moderado	Directo	Tiempo de recorrido por el tramo carretero
Fase: Operativa								

Actualmente las condiciones en la que opera la carretera, presenta insuficiencia para la carga vehicular que está presente principalmente derivado de la circulación de camiones pesados de trasporte de materiales y mercancías, algunos de ellos por la producción agrícola que se desarrolla en la zona. Actualmente las zonas de rebase son escazas e insuficientes para agilizar la movilización vehicular, lo que se traducen en tiempos de traslados altos y por consiguiente en un mayor consumo de combustible para los usuarios de la carretera. Con la modernización prevista se logrará agilizar la movilización de vehículos contando con zona de circulación y rebase debidamente establecida y para ambos sentidos de la vialidad, esto mejorará los tiempos de traslados que se presentan actualmente y con ello reducir el consumo de combustible para la circulación por este tramo carretero presentándose como un beneficio para los usuarios de magnitud moderada pero permanente por lo que se considera residual.

Obras y/o actividades	**Componente ambiental**	**Impacto Ambiental**	**Relación del impacto**					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Obras de construcción	Medio social	Ocurrencia de accidentes	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Indirecto	Accidentes
Fase: Constructiva								

Durante la ejecución de los trabajos de ampliación de la carretera se pueden presentar accidentes, ya sea entre los trabajadores derivado de las actividades a realizarse o con los usuarios del camino, por diversos factores como son señalizaciones, velocidad de circulación, actos imprudentes, entre otros. Se considera que la correcta señalización de la obra. El uso de equipo de protección personal adecuado y el desarrollo de las labores y la correcta supervisión de las obras son factores que ayudan a evitar la aparición de incidentes y accidentes, así mismo, esto solo se desarrollará durante la fase constructiva del proyecto por lo que el riesgo es temporal. El impacto entonces se obtiene de magnitud irrelevante.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Obras de construcción	Medio social	Afectaciones al tránsito por obras	--	Fugaz	Puntual	- Irrelevante	Directo	Congestionamiento vial
Fase: Constructiva								

Debido a las obras que se efectuarán para la ampliación de la carretera, se harán interrupciones de circulación en algunos carriles en ciertos puntos de la carretera, esto puede propiciar zonas con congestionamientos vehiculares, sin embargo, no se realizarán caminos de desvío o brechas de circulación adicionales a la carretera existente. Las afectaciones al tránsito se darán en sitios puntuales y derivado de obras o movimiento de maquinarias, equipos o vehículos usados en la construcción. Este efecto será temporal por lo que el impacto y las molestias hacia los usuarios del camino se esperan irrelevantes.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Mejora de accesibilidad al turismo	Residual	Permanente	Extenso	+ Severo	Directo	Mejor flujo vehicular
Fase: Operativa								

La carretera actual sirve de acceso hacia zonas turistas como lo es el Nevado de Toluca y los diferentes atractivos turísticos que ofrece la zona, esta vía de acceso se ve saturada en temporadas altas para el turismo, como lo son las nevadas de la época invernal y los diferentes sitios de descanso como Valle de Bravo. La modernización de la misma permitirá que el acceso a estas zonas turísticas sea de mejor calidad y dar una mejor experiencia hacia el turista, lo cual se espera se traduzca a largo plazo en un aumento del flujo turístico y de la derrama económica que esta representa. Por tanto, la modernización de la carretera espera ser un beneficio para el turismo y la infraestructura de acceso a esta zona, por lo que se considera como un impacto positivo de importancia Severa y de característica residual.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Reducción de tiempos de traslado a centros de salud	Residual	Permanente	Extenso	+ Severo	Directo	Tiempo de recorrido por el tramo carretero
Fase: Operativa								

Con la reducción de tiempos de traslado que le tomará al usuario el tránsito por este tramo carretero también se tendrá mejora acceso hacia centros de salud entre localidades y las principales ciudades. Esto beneficia ampliamente a los usuarios de la vialidad y a los pobladores mencionados, permitiendo mejor atención medica rutinaria o de emergencia en centros de salud que cuentan con mejores equipos y capacidades de atención. Los tiempos de traslados

mejorarán de manera permanente por lo que se trata de un impacto residual y que se estima en con una importancia severa.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Mejor interconexión regional	Residual	Permanente	Extenso	+ Moderado	Directo	Mejor flujo vehicular
Fase: Operativa								

Una vez operante la carretera brindará una vía de comunicación importante que permitirá mejorar la interconexión de las localidades y pobladores de la región. Se tendrá mejor acceso hacia las diferentes localidades por las que transcurre la carretera y poblaciones aledañas a este camino. El impacto nuevamente se trata de un beneficio social permanente por lo que se considera un impacto residual y su importancia se obtiene de magnitud moderada.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Mejor flujo vehicular	Residual	Permanente	Parcial	+ Moderado	Directo	Mejor flujo vehicular
Fase: Operativa								

La ampliación de carriles previstas en el proyecto, permitirán una zona de rebase continua para ambos cuerpos de la carretera, lo cual no se presenta actualmente y por ende existen tiempos de circulación elevados en este tramo. La circulación de camiones de carga no será un factor determinante para el transito local y regional como lo es actualmente y con ello se mejorará el funcionamiento general de esta infraestructura carretera. El impacto es nuevamente de permanencia en el tiempo por lo que se considera residual y su importancia se obtiene moderada.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Aumento de la seguridad de la carretera	Residual	Permanente	Extenso	+ Severo	Directo	Reducción de accidentes o incidentes
Fase: Operativa								

Otro aspecto muy importante que se conseguirá con la ampliación de la carretera, será mejorar las condiciones de circulación para los usuarios de esta carretera, permitiendo rebases de mayor seguridad y mejoras en el desalojo del agua de la superficie de rodamiento por la implementación de las nuevas obras de drenaje proyectadas. Así mismo, se mejorará la superficie de rodamiento, barreras de contención y señalética preventiva y prohibitiva que actualmente presenta la carretera. Esto brindará mayor seguridad a los usuarios y facilitará su tránsito por el tramo carretera. El impacto es nuevamente positivo y se considera de alta

importancia por lo que se obtiene como un impacto de magnitud severa y con característica residual.

Obras y/o actividades	Componente ambiental	Impacto Ambiental	Relación del impacto					
			Tipo	Duración	Extensión	Signo/ Intensidad	Efecto	Indicador
Operación de la carretera	Medio social	Mejor infraestructura para el trasporte y comercio	Residual	Permanente	Extenso	+ Moderado	Directo	Mejor flujo vehicular
Fase: Operativa								

También el transporte de bienes y mercancías se verá beneficiado con la operación de la carretera, con mejores condiciones de tránsito el traslado de bienes y servicios será mejor a la condición actual y podrá abrir rutas de transporte de mayor eficiencia en la región. Su importancia se estima moderada y se trata de un impacto residual por su permanencia en el tiempo considerando que se trata de un beneficio social.

V.6.2 Conclusiones

Como resultado del análisis realizado a los impactos ambientales obtenidos para su posible aparición por la construcción y operación del proyecto correspondiente a la ampliación de la carretera Toluca-Tejupilco entre los cadenamientos 29+314 al 74+550.56, se aprecia que los impactos con mayor presencia son los impactos moderados con un total de 34 impactos con esta magnitud para ambas fases evaluadas, le siguen los impactos irrelevantes que se esperan en 19 ocasiones. Y finalmente si bien, no se esperan impactos críticos en el proyecto, si se considera la presencia de 5 impactos severos, de los cuales 3 son de naturaleza positiva y 2 corresponden a impactos negativos del proyecto. La distribución grafica de los impactos obtenidos en sus diversas magnitudes y en las diferentes fases evaluadas se aprecia de mejor manera en la Figura 18.

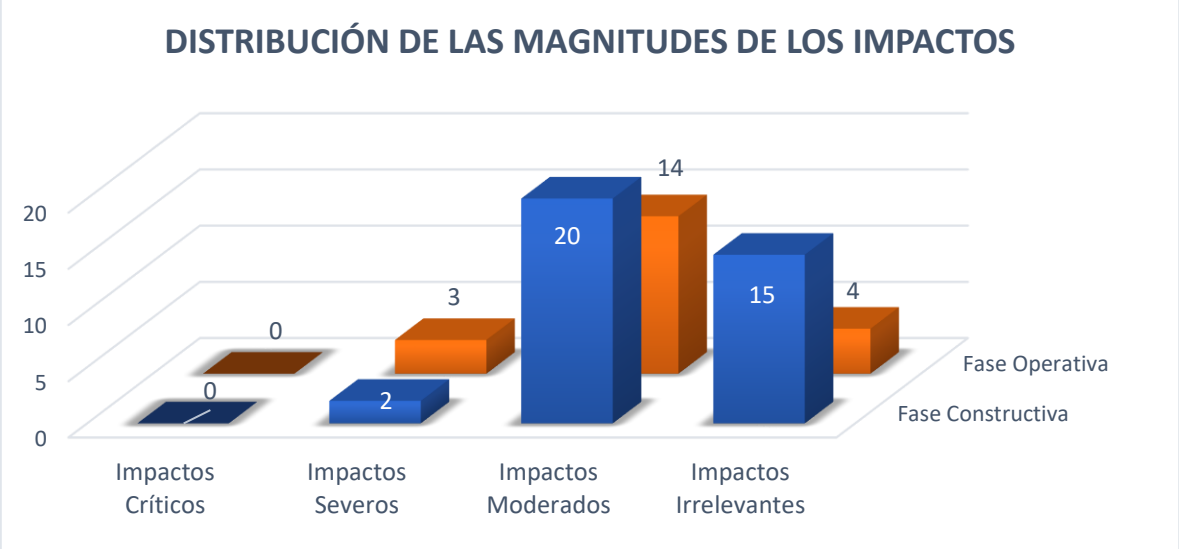


Figura 18. Distribución de las magnitudes de los impactos del proyecto.

En lo que respecta a las características que presentarán los impactos evaluados, la condición predominante corresponde a los impactos residuales de los cuales se espera la presencia de 30 de ellos para ambas fases del proyecto, en donde se consideran modificaciones permanentes en el medio y que a pesar de la implementación de medidas de mitigación su efecto seguirá presente, por su parte los impactos acumulativos se esperan en 22 ocasiones, los cuales se sumarán a efectos existentes en el medio o que el impacto en sí, con el paso de tiempo, verá incrementada su presencia y por consiguiente su efecto en el medio. Finalmente se esperan 11 impactos sinérgicos, los cuales se desprenden de impactos que modifican o afectan más de un solo factor o componente ambiental implícito en el impacto ambiental evaluado. Gráficamente la distribución de las diferentes características que se presentan dentro de los impactos evaluados y en las fases del proyecto analizadas (constructiva y operativa) se observa de mejor manera en la Figura 19.

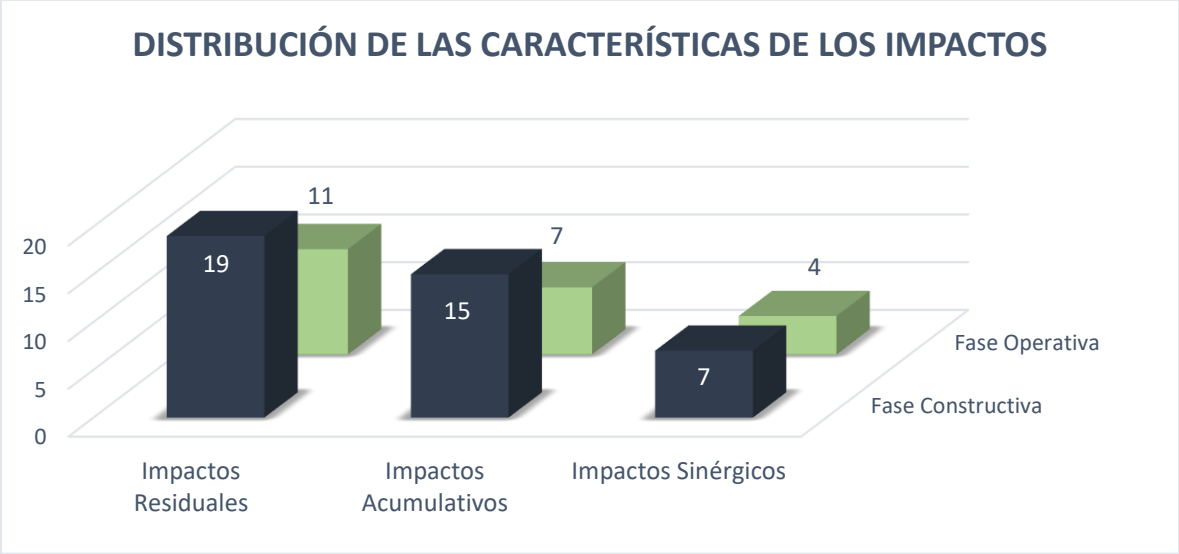


Figura 19. Distribución de las características de las impactos del proyecto.

Estos resultados se entienden considerando que los impactos adquieren un carácter de mayor importancia e intensidad considerando 2 factores, el primero es el sitio donde se asentarán las obras el cual constituye un área de importancia ambiental, esto es el Área Natural Protegida denominada como Zona Protectora Forestal Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México, la cual, resulta de suma importancia para la conservación de los recursos naturales y la protección de la flora y la fauna, así como la preservación de los servicios ambientales que esta otorga como la captación de agua de infiltración, hábitats de flora y fauna, entre otros. Las especies presentes en la zona tanto de flora como de fauna son de gran importancia y valor ecológico, teniendo como ejemplo las especies de *Danaus plexippus, Ambystoma rivulare* y *Sceloporus grammicus* y la vegetación de bosque de pino y pino-encino, por lo que afectación a estos componentes también constituye factores determinantes en la consideración de la magnitud de los impactos evaluados.

El otro aspecto a considerar para la evaluación es la situación actual de la región en donde se prevé la ejecución del proyecto, y como los impactos ambientales generados en las fases consideradas de dicho proyecto pueden contribuir a la presencia, incremento o modificación de los impactos existentes. A este respecto el proyecto si bien contribuye en impactos existentes

como la disminución de cobertura vegetal, alteración del paisaje y topografía, este se da en un sitio puntual y extiende las afectaciones que ya se presentan en la zona por la operación de la carretera actual, siendo que el 40% de la superficie del proyecto (49.85 ha) recae en zonas con afectación como lo es el camino existente, lotes baldíos o zonas de cultivo, entre otras, mientras que el proyecto no constituyen o fomentan actividades que haga usos de los recursos naturales de manera continua e intensiva, las afectaciones si son de consideración, especialmente los impactos severos que se obtuvieron en la reducción de cobertura vegetal por las 76.348 de CUSTF requeridas, sin embargo, no representan aprovechamientos constantes de los recursos maderables y no fomentan la expansión de zonas de cultivo o actividades que ponen en riesgo la condición vegetal actual.

De esta manera el proyecto requiere de la implementación y correcta aplicación de las medidas de mitigación apropiadas para garantizar la viabilidad del mismo y de este modo evitar afectación a ecosistemas y sus componentes que disminuyan la calidad ambiental del sitio y de los servicios que esta otorga. Derivado de esto y a manera de conclusión, el proyecto es viable para su ejecución con la ejecución e implementación en tiempo y forma de las medidas de mitigación propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del proyecto, así como las que la autoridad determine pertinentes para su implementación que permitan adecuar, compensar o evitar las afectaciones aquí previstas y descritas en la presente evaluación de impacto ambiental.

V.7 Bibliografía

- Gómez Orea Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. 2da Edición. Ed. Mundi-Prensa. 2002
- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf
- https://www.gob.mx/conagua/es/articulos/indicadores-de-calidad-del-agua?idiom=es
- V. Conesa Fdez-Vitora. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 3ª Edición. Ed. Mundi-Prensa.1997.

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

VI.1 Clasificación de las medidas preventivas y de mitigación 3
VI.2 Medidas generales de mitigación 4
VI.3 Medidas aplicables durante la Etapa Constructiva 6
VI.3.1 Medidas Preventivas 6
VI.3.2 Medidas de Remediación 7
VI.3.3 Medidas de Reducción 7
VI.3.4 Medidas de Compensación 8
VI. 4 Medidas aplicables durante la Etapa Operativa 9
VI.4.1 Medidas Preventivas 9
VI.4.2 Medidas de Reducción 9
VI.5 Descripción de las medidas de mitigación 10
VI.5.1 Medidas aplicables durante la etapa Constructiva 10
VI.5.1.1 Medidas preventivas 10
VI.5.1.2 Medidas de Remediación 28
VI.5.1.3 Medidas de Reducción 30
VI.5.1.4 Medidas de Compensación 60
VI.5.2 Medidas aplicables durante la Etapa Operativa 72
VI.5.2.1 Medidas Preventivas 72
VI.5.2.2 Medidas de Reducción 72
VI.6 Descripción de las Estrategias para la Ejecución de las Medidas de Mitigación 82
VI.6.1 Supervisión ambiental. 82
VI.6.2 Comité de vigilancia ambiental 82
VI .6.3 Ejecución de la obra. 83
VI .6.3.1 Disposiciones generales. 83
VI .6.3.2 Del agua. 83
VI .6.3.3 De los residuos sólidos. 83

VI.6.3.4 De los residuos peligrosos. 84
VI .6.3.5 De las emisiones a la atmosfera. 85
VI.6.3.6 De la flora y fauna. 85
VI.6.3.7 De la contaminación por ruido 86
VI.7 Conclusión 86
VI.8 Bibliografía 88

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

En este capítulo se señalan las medidas y acciones que se estima son necesarias para prevenir, mitigar, reducir o compensar los impactos ambientales identificados en el capítulo 5.

La finalidad de las medidas preventivas y de mitigación es evitar que las actividades a desarrollar puedan ocasionar daños en el ambiente o la generación de impactos ambientales adversos, y minimizar sus efectos, contribuyendo al mantenimiento de las condiciones naturales del ecosistema. Por otro lado, se implementarán medidas de compensación, las cuales buscan contribuir a la conservación del área donde se desarrolla el proyecto, ya que se producirá el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en una superficie de 76.34 hectáreas, por lo cual, el proyecto pretende subsanar dicha pérdida con acciones que garanticen la preservación de la diversidad biológica presente en el área, de los ecosistemas representativos, así como los servicios ambientales que de ellos provienen, y de los cuales depende una numerosa población que habita en una de las regiones más densamente pobladas del centro del país.

La elaboración de este capítulo se origina de las diferentes consideraciones técnicas, ambientales y económicas, provenientes de la inspección de campo y revisión bibliográfica del área, considerando de manera integral la información que se derivó de los capítulos precedentes. El objetivo general es lograr que las medidas propuestas atiendan los efectos producidos y se lleven a cabo por etapa del proyecto (Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento).

VI.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN

De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental las medidas de mitigación son: “Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causará con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas”.

Respecto a lo anterior, las medidas se clasifican de la siguiente manera:

- Medidas preventivas: conjunto de acciones planificadas y encaminadas a impedir que los impactos ambientales se presenten, evitando efectos negativos al ambiente.
- Medidas de remediación: estas medidas contrarrestan los impactos negativos causados por las actividades en la obra.
- Medidas de reducción: Son medidas que se aplican para contrarrestar los efectos adversos que se presentan, para disminuir su efecto, ya sin la posibilidad de eliminarlo.

- Medidas de compensación: Estas van directamente sobre los impactos irrecuperables e inevitables, su función no evita la aparición del efecto, ni lo anula o atenúa, pero contribuye a la recuperación y conservación del medio ambiente por ejemplo la repoblación vegetal e inversión en obras de beneficio ambiental, no aplica en el sitio afectado, si no que especialmente en áreas equivalentes o similares a las afectadas.

La ejecución de las medidas en cada una de las etapas, desde la selección del sitio hasta la culminación de la obra, evitarán la aparición de impactos ambientales, permitirán la disminución de algunos de ellos, además de que promoverán que se incremente la calidad y los servicios ambientales. Algunas de las medidas propuestas son similares en más de una etapa del proyecto, por lo que las diferentes actividades planteadas pueden estar presentes en varios momentos.

VI.2 MEDIDAS GENERALES DE MITIGACIÓN.

Previo al inicio de las actividades de la construcción del proyecto será necesaria la consideración de los siguientes puntos.

Contar con la documentación que valide la realización, en tiempo y forma, de los trámites y permisos correspondientes:

- Liberación del derecho de vía.
- Permisos ambientales para el uso de bancos de tiro préstamo y de materiales.
- Alta ante SEMARNAT, como generador de residuos peligrosos.
- Permiso para la disposición de la basura generada en la obra en basureros o rellenos sanitarios cercanos.
- Autorización por parte de SEMARNAT para realizar actividades de colecta o manipulación de ejemplares de flora y fauna silvestres en Áreas Naturales Protegidas para efectuar las labores de rescate y reubicación.
- Alta a todos los trabajadores en el IMSS.
- Y otros como el aviso de inicio de obras y los informes de cumplimiento de los términos y condicionantes de la obra.

Es obligación del promovente:

- Contratar a la empresa que otorgará el servicio de sanitarios portátiles en la obra; la empresa que se contrate deberá mantenerlos en condiciones óptimas para su uso, en caso de generar algún impacto por el mal mantenimiento de estos será responsabilidad de dicha empresa.
- Contratar a un proveedor de agua que cuente con autorización para su extracción y venta.

- La constructora a cargo deberá tener un reglamento interno de seguridad, higiene y medio ambiente, así como un plan de emergencias y un programa de mantenimiento de la maquinaria y equipo a utilizar en la obra.

- Tener formadas y definidas las actividades de las brigadas de desmonte, de rescate de flora y de fauna, para que el supervisor ambiental de a conocer los programas de protección civil y de educación ambiental, para que los trabajadores conozcan las características ambientales y laborales, así como las consecuencias que conlleva la no conservación del entorno.

- Contratar a una empresa que se hará cargo del transporte y disposición final de los Residuos Peligrosos o de Manejo Especial. Esta empresa, para ser contratada, deberá de presentar el permiso vigente correspondiente para la realización de dicha actividad, emitido por las instancias correspondientes.

Se hará del conocimiento de los trabajadores involucrados en el proyecto:

- Se prohibirá al personal la portación de armas y acudir a trabajar en estado inconveniente. En caso de enfermedad, el trabajador deberá retirarse de las actividades y ser atendido de inmediato.

- Realizar fogatas, quemar basura o vegetación; ya que esto puede producir un incendio forestal incontrolado.

- Queda estrictamente prohibido la caza o retiro de la fauna local que se pueda encontrar durante las operaciones del proyecto.

- Estará estrictamente prohibida la extracción de individuos de flora considerada dentro de las familias prioritarias o que se encuentre bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010, que se ubique fuera de lo contemplado para desmonte debido a los tramos de ampliación del camino.

- Hacer hincapié en el uso de los servicios sanitarios contratados, evitando que las necesidades fisiológicas de los trabajadores sean depositadas al aire libre.

- Solicitar a los trabajadores que depositen correctamente en los contenedores dispuestos, los residuos sólidos generados durante las actividades de construcción del proyecto.

- Se deberán respetar límites de velocidad, de 10 km/hr en zonas urbanizadas y 30 km/hr en caminos vecinales o de acceso.

A continuación, se presenta el listado de las medidas preventivas, de remediación, reducción y compensación que se ejecutarán tanto durante la etapa constructiva, como durante la etapa operativa; posteriormente, en el apartado VI.5 se describe cada una de dichas medidas de manera detallada.

VI.3 MEDIDAS APLICABLES DURANTE LA ETAPA CONSTRUCTIVA

VI.3.1 Medidas Preventivas

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
AGUA	Contaminación de cauces con basura	Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos
		Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos
		Pláticas de concientización ambiental
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Seguir criterios ambientales para la instalación de obras provisionales
		Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial
		Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos peligrosos
		Pláticas de concientización ambiental
		No instalar obras provisionales de ningún tipo cerca de cuerpos de agua
		Evitar que la maquinaria circule sobre los cauces de agua
		Reparación emergente de maquinaria y vehículos
		No extraer agua de corrientes perenes o intermitentes
		Instalación y manejo adecuado de sanitarios portátiles
	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	Evitar el almacenamiento temporal de material producto de las actividades de construcción cerca de los cuerpos de agua
		Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial
SUELO	Contaminación de suelos con basura	Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos urbanos
		Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos
		Pláticas de concientización ambiental
	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Manejo y disposición adecuada de residuos y sustancias peligrosas y manejo especial
		Capacitación al personal de obra para manejo adecuado de residuos peligrosos

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
		Pláticas de concientización ambiental
		Instalaciones adecuadas de los almacenes temporales de residuos sólidos y sustancias peligrosas o de manejo especial
		Reparación emergente de maquinaria y vehículos
		Instalación y manejo adecuado de sanitarios portátiles
		Seguir criterios ambientales para la instalación de obras provisionales
ATMÓSFERA	Aumento de emisiones sonoras	Prohibido trabajo nocturno
FLORA	Retiro de individuos (Especies en norma)	Pláticas de concientización ambiental
		Colocación de señalética
FAUNA	Caza de individuos (reptiles)	Pláticas de concientización ambiental
		Colocación de señalética
INFRAESTRUCTURA URBANA	Ocurrencia de accidentes	Colocación de señalética preventiva
	Afectaciones al tránsito por obras	Colocación de señalética preventiva

VI.3.2 Medidas de Remediación

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
AGUA	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Desactivación de la fuente de contaminación y tratamiento al contaminante
SUELO	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Reparación emergente de maquinaria y vehículos
		Desactivación de la fuente de contaminación y tratamiento al contaminante

VI.3.3 Medidas de Reducción

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
AGUA	Azolve de cauces por residuos de obra	Delimitación de áreas de trabajo Trabajo en temporada de estiaje No instalar obras provisionales o realizar actividades cerca de cuerpos de agua que no estén relacionados con obras de drenaje

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
	Modificación de cauces	Riego de superficies de trabajo Instalación de barreras de sedimentos Colocación de filtros de grava y piedra Estabilización de taludes Revegetación de márgenes de cauces
SUELO	Exposición del suelo al intemperismo	Estabilización de taludes
	Modificación al relieve y topografía	Se deberá limitar la actividad a la Línea de Ceros
ATMÓSFERA	Presencia de gases contaminantes	Afinación y mantenimiento periódico de vehículos y maquinaria que operen en los frentes de trabajo
	Generación de polvos	Regar la superficie del suelo y material terrígeno en el frente de trabajo
FLORA	Disminución en la biodiversidad	Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre
	Pérdida de hábitat	Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros
FAUNA	Afectación a especies en NOM-059-SEMARNAT-2010	Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de fauna silvestre Subprograma de Monitoreo de mariposa monarca (*Danaus plexippus*)
	Muerte de individuos	Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de fauna silvestre
	Fragmentación del hábitat	Programa de Adecuación de obras de drenaje como Pasos de Fauna
		Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros
	Ahuyento por ruidos (aves)	Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros
		Programa de Rescate, Reubicación y Ahuyento de fauna silvestre
PAISAJE	Afectación a componentes estéticos	Se limitarán las actividades a la Línea de Ceros

VI.3.4 Medidas de Compensación

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
SUELO	Exposición del suelo al intemperismo	Rescate de suelos orgánicos
FLORA	Disminución en la cobertura vegetal	Programa de Reforestación

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
	Disminución en la biodiversidad	Saneamiento Forestal
	Pérdida de hábitat	
FAUNA	Fragmentación del hábitat	Programa de Reforestación
	Afectación a especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	
	Disminución de sitios de percha (lepidópteros)	
PAISAJE	Alteración a componentes estéticos	Limpieza del derecho de vía de la carretera y de las obras de drenaje asociadas al terminar la obra

VI. 4 MEDIDAS APLICABLES DURANTE LA ETAPA OPERATIVA

VI.4.1 Medidas Preventivas

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
AGUA	Aumento en la presencia de basura en cauces	Colocación de señalética prohibitiva Programa de mantenimiento carretero
SUELO	Aumento de presencia de basura en suelos	
VEGETACIÓN	Introducción de especies exóticas	
FAUNA	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	
PAISAJE	Aumento de presencia de basura	

VI.4.2 Medidas de Reducción

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
AGUA	Aumento en la presencia de basura en cauces	Programa de mantenimiento carretero (incluya limpieza periódica del derecho de vía de la carretera y obras de drenaje)
SUELO	Aumento en la presencia de basura en suelos	

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA APLICABLE
PAISAJE	Aumento de presencia de basura	
VEGETACIÓN	Incendios forestales	Implementación de brechas cortafuegos
FAUNA	Ampliación del efecto barrera	Limpieza y mantenimiento de obras de drenaje que fungen como pasos de fauna
	Atropellos	Colocación de señalética

VI.5 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

VI.5.1 Medidas aplicables durante la etapa Constructiva

VI.5.1.1 Medidas preventivas

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con basura	Irrelevante
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **MANEJO Y DISPOSICIÓN ADECUADA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**		

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los residuos sólidos urbanos son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.
Este tipo de residuos se generará por parte de los trabajadores, principalmente durante las horas de descanso y alimentación, así como por envolturas de algunos materiales, por lo cual se deberá llevar a cabo el correcto manejo y disposición de este tipo de residuos durante el tiempo que dure la obra.

Para este fin, se colocarán contendedores en los diversos frentes de trabajo y no alejados de los sitios donde los trabajadores estén realizando sus labores, estos contenedores podrán ser de plástico o metal con una capacidad mínima de 200 l, y deberán de ser señalizados con colores y

preferentemente, letreros que indique que tipo de residuos deberán ser depositado en ellos, los colores serán designados por el encargado del proyecto siempre y cuando sean claros e identificables entre sí.



Figura 1. Contenedores con identificación por colores.

A continuación, se presentan algunos factores que se deberán considerar para el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos:

- Se colocarán contenedores con tapa y debidamente identificados por color.
- Los contendores se ubicarán en los sitios con mayor presencia de trabajadores o frentes de trabajo y se realizará el traslado o reubicación de acuerdo con el avance de obra.
- La cantidad de contenedores deberá ser suficiente según volumen de generación.
- Los RSU generados deberán ser recolectados y transportados al relleno sanitario por lo menos una vez por semana.
- Los residuos deberán ser recolectados por una empresa autorizada o en su caso se deberán entregar al servicio de recolección municipal.
- Se deberá contar con la autorización para poder depositar los residuos generados en el relleno sanitario municipal.

Indicadores

Áreas libres de residuos: La presencia o ausencia de residuos en los cauces como en otras áreas del proyecto será un indicador de la mala disposición de los residuos sólidos urbanos.

Bitácora de recolección de RSU: Se deberá llevar un control de recolección de los residuos generados, lo cual permitirá conocer la periodicidad con la que se lleva a cabo la recolección de los RSU.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con basura	Irrelevante
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura	Irrelevante
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **CAPACITACIÓN AL PRESONAL DE OBRA PARA MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS**		

Todo personal que labore en las obras de ampliación del camino, deberá ser instruido para la correcta disposición de los residuos que se generen durante las actividades cotidianas y de construcción del proyecto, para lo cual se dispondrán de contenedores correctamente señalizados para cada tipo de residuos, haciendo hincapié en la obligatoriedad para todo personal (desde obreros hasta supervisores e ingenieros) que estos deben de ser utilizados evitando tirar basura al aire libre.

La capacitación estará enfocada en la correcta clasificación y disposición, de acuerdo con los tipos de residuos que se generarán en las distintas etapas del proyecto.

a. Residuos sólidos urbanos (RSU).
b. Residuos de manejo especial (RME) como restos de concreto, asfalto, madera, metal, plásticos voluminosos, escombros o restos de excavaciones.
c. Residuos peligrosos (RP) como solventes, aceites usados, grasas, baterías, envases contaminados, materiales impregnados como estopas y filtros de aceite.
d. Aguas residuales: Aguas negras o aguas residuales de lavado de concreto.

Para el caso de los Residuos Sólidos Urbanos, aquellos provenientes de las actividades cotidianas de los trabajadores, deberán de ser dispuestos correctamente, para lo cual se realizará una separación de los residuos, primeramente de inorgánicos y orgánicos; al mismo tiempo, los residuos inorgánicos conllevarán una separación más de los residuos como aluminio (latas), plásticos, vidrio y papel/cartón. Para este fin se colocarán contendedores en los diversos frentes de trabajo y no alejados de los sitios donde los trabajadores estén realizando sus labores, estos contenedores podrán ser de plástico o metal con una capacidad mínima de 200 l, y deberán de ser señalizados con colores y preferentemente, letreros que indique que tipo de residuos deberán ser depositado en ellos, los colores serán designados por el encargado del proyecto siempre y cuando sean claros e identificables entre sí.

Por otra parte, los residuos peligrosos y de manejo especial como aceites, pinturas y disolventes, también deberán de ser dispuestos correctamente, para lo cual los trabajadores del proyecto serán capacitados para su identificación de los diferentes tipos de residuos y su disposición correcta.

Trapos, telas, ropas y herramientas impregnadas con algunos de estos residuos deberán de ser manejados y dispuestos como residuos de manejo especial, en los contenedores que se destinarán para este fin específicamente.

En la siguiente tabla se presenta la identificación de residuos que se generarán en la obra, así como una propuesta de la clasificación y código de colores para realizar su almacenamiento y disposición final. Cabe señalar que está tabla podrá ser adaptada o sustituida por el responsable ambiental de la ejecución de estas acciones, de acuerdo con las observaciones o dictámenes que realice durante la ejecución de obra.

Tipo	Código de color	Descripción	Ejemplos
Residuos de manejo especial (RME)	Naranja	Residuos de construcción Materiales pétreos	Escombros de construcción y demolición
	Gris	Residuos inertes	Concreto, tierra, piedras no contaminadas
	Amarillo	Metálicos	Chatarra, varillas, cables, aluminio y otros metales
	Café	Madera	No contaminada: Restos de polines, estacas
Residuos peligrosos (RP)	Rojo	Materiales con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas	Solventes, pinturas, aceites usados, materiales impregnados, baterías, residuos con asbesto
	Rojo con etiqueta específica		Envases de productos químicos, aceites usados

Indicadores

Número de pláticas de capacitación realizadas, porcentaje de personal capacitado, resultados en la prevención de accidentes, resultados en el cuidado del medio ambiente (respeto hacia la flora y fauna).

Valor permisible: Mínimo 1 plática mensual, 95% del personal capacitado.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con basura	Irrelevante
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura	Irrelevante
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: PLÁTICAS DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL		

Se ha detectado que durante la obra, uno de los impactos que se generará es el aumento de la contaminación con residuos sólidos, peligrosos o de manejo especial, por lo que será necesario implementar pláticas de concientización, educación y capacitación en temas de conservación y respeto por el medio ambiente, particularmente respecto a los recursos hídricos presentes en el área del proyecto.

De acuerdo a ello, es importante que se realicen pláticas rutinarias durante todo el periodo de ejecución de la obra para inculcar en los trabajadores el respeto por el medio ambiente, a fin disminuir al máximo la contaminación con residuos.

Por lo que, para prevenir afectaciones sobre el hábitat acuático, se impartirán pláticas de concientización, acerca de los siguientes temas:

a. Importancia de las especies de flora y fauna en ámbitos acuáticos y ribereños.
b. Importancia de la conservación de los recursos hídricos.
c. Especies de importancia ecológica en hábitats acuáticos.

Asimismo, se deberá informar a los trabajadores la lista de actividades prohibidas a realizar durante la obra, estas son:

d. Prohibido fumar, encender cerillos o iniciar fogatas en el área del proyecto.
e. Prohibido el uso de agua proveniente de corrientes que atraviesa el trazo.
f. Prohibido contaminar el suelo y/o las corrientes de agua dispersando residuos o realizando necesidades fisiológicas.

Este listado es una sugerencia mas no es limitativa de acuerdo con las consideraciones del supervisor ambiental de la ejecución de este programa**.**

A continuación, se presenta una propuesta de la frecuencia y duración de las pláticas, dependiendo el tema que sea tratado.

Frecuencia	Descripción	Duración propuesta
Inicial	Antes del inicio de la obra, obligatoria para todo el personal	1 hora

Frecuencia	Descripción	Duración propuesta
Periódicas	Dos veces por semana para difundir conocimientos o procedimientos de actuación, medidas de prevención, generación de empatía hacia el medio ambiente.	Mínimo 15 minutos hasta 30 minutos
Específicas	Cuando haya cambios en las actividades, nuevos ingresos de personal o identificación de riesgos ambientales o capacitaciones (*p.e.* para el manejo y disposición de residuos o en caso de accidentes o derrames).	El tiempo necesario hasta confirmar conocimiento
Emergentes	Avisos en caso de accidentes o incumplimiento de medidas ambientales.	El tiempo necesario, dependiendo la complejidad de la situación

Indicadores

Número de pláticas de realizadas, porcentaje de personal capacitado, resultados en la prevención de accidentes, resultados en el cuidado del medio ambiente (respeto hacia la flora y fauna).

Valor permisible: Mínimo 1 plática mensual, 95% del personal capacitado.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **SEGUIR CRITERIOS AMBIENTALES PARA LA INSTALACIÓN DE OBRAS PROVISIONALES**		

La instalación de las obras provisionales como almacenes, patios de maquinarias, baños, etc estará prohibida en las cercanías de los cauces de agua (perenes o intermitentes) cercanos a las obras a realizarse; dichas obras deberán estar alejadas de cualquier corriente como mínimo 200 m.

Para el caso de los patios de maquinaria, el suelo donde estos se ubiquen deberá de contar con cubierta plástica, esto para evitar la infiltración de hidrocarburos, aceites, anticongelantes o cualquier residuo que la maquinaria pudiera arrojar. Para este caso, de detectarse fugas de fluidos en la maquinaria, ésta deberá de ser reparada inmediatamente para evitar la propagación de estos contaminantes en diversos puntos de la zona.

La cubierta plástica será retirada al finalizar las obras (etapa de abandono del sitio) y dispuesta de manera adecuada, esto es como residuo solido urbano en caso de no presentar restos de los fluidos antes mencionados. En caso de que presente contaminación por los antes mencionados, se tratará como un residuo peligroso o de manejo especial y tendrá que ser entregado a la empresa contratada para la disposición de estos residuos.

Dentro del área destinada a las obras provisionales, se deberán de colocar los contenedores para el manejo de los diversos tipos de residuos que se generarán durante los procesos constructivos y la presencia del personal.

Indicadores

Distancia mínima de 200 m de cualquier escurrimiento o cuerpo de agua: Todas las obras provisionales como almacenes, talleres y patios de maquinaria deberán estar alejados a una distancia mínima de 200 m de cualquier escurrimiento o cuerpo de agua.

Contar con cubierta impermeable: La presencia de una cubierta impermeable en los almacenes, talleres y patios de maquinaria, indicará que se siguieron los criterios para la instalación de dichas obras provisionales, y que en caso de que se presente algún derrame este no llegará al suelo ni a corrientes o cuerpos de agua.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	Irrelevante
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: MANEJO Y DISPOSCIÓN ADECUADA DE RESIDUOS PELIGROSOS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS Y DE MANEJO ESPECIAL		

Se implementará un sistema de manejo de residuos que incluye la recolección para su disposición temporal en lugares adecuados para su correcta disposición y confinamiento final. Este programa será fundamental durante todas las etapas de la obra, puesto que permitirá prevenir o reducir los impactos a los componentes hídricos y al suelo.

El impacto que se contrarrestará a través de este programa será el del aumento de la contaminación con residuos sólidos urbanos, peligrosos de manejo especial, residuos de construcción, materiales pétreos.

Para realizar el adecuado manejo de los residuos generados durante la obra, se podrá apoyar o tomar como referencia la legislación y normatividad mexicana vigente:

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).
- Reglamento de la LGPGIR.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005: Características, procedimiento de identificación y clasificación de residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011: Incompatibilidad entre residuos peligrosos.

- Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003: Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para muestreo y remediación.

Como parte de los objetivos de esta medida se pueden mencionar los siguientes:

- Identificación y clasificación de los residuos generados durante las etapas de la obra
- Implementación de un sistema de separación de residuos
- Establecer los procedimientos específicos para el manejo de residuos
- Garantizar la disposición final adecuada de los residuos generados
- Prevenir la contaminación del suelo, agua, aire y elementos bióticos del ecosistema

Procedimientos generales para el manejo de residuos:

1. **Identificación y separación en la fuente**: Los residuos serán clasificados y separados en el punto de generación según la clasificación establecida.
2. **Capacitación del personal:** De acuerdo con la clasificación de los tipos de residuos para su correcta separación, a través de las pláticas de concientización, se deberá considerar entre una de ellas, la capacitación y educación del personal para que aprenda a clasificar los residuos.
3. **Almacenamiento temporal**:
    - Se ubicarán las áreas de almacenamiento temporal por tipo de residuo que deberán estar alejadas de los cuerpos de agua o arroyos cercanos al proyecto.
    - Se implementará señalización clara y visible en cada área de contenedores o almacén temporal.
    - Se deberá asegurar que los contenedores serán adecuados según el tipo de residuo.
    - Para disminuir riesgos por accidentes o contaminaciones, se establecerán periodos máximos de almacenamiento hasta su disposición final:
        1. RSU: 72 horas;
        2. RME: según volumen;
        3. RP: 6 meses máximo.
4. **Recolección y transporte interno**:
    - Se realizará la contratación de empresas recolectoras, de acuerdo con los tipos de residuos y se establecerán las rutas y horarios de recolección.
    - Se deberá contar con equipo de protección personal (EPP) adecuado para el manejo de residuos, especialmente si se trata de residuos peligrosos o

materiales pesados o punzocortantes que pongan en riesgo la integridad de los trabajadores.
- σ Queda estrictamente prohibido realizar la mezcla de residuos de diferentes categorías.

5. **Registro y documentación**:

    - σ Para mantener el control de los residuos, el responsable ambiental se encargará de mantener bitácoras de generación por tipo de residuo.
    - σ Se elaborarán manifiestos de entrega-transporte-recepción para residuos peligrosos.
    - σ Es muy importante contar con comprobantes de disposición final.

6. **Disposición final**:

    - σ Se contratarán empresas para realizar el transporte y la disposición final de residuos, las cuales deberán contar con autorizaciones y permisos vigentes que deberán entregar constancias de la disposición final de los residuos.

Procedimientos para el manejo y disposición de residuos de manejo especial

Los Residuos de Manejo Especial (RME) son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (LGPGIR, 2023).

A continuación, se presentan los aspectos más importantes a considerar para el manejo y disposición de RME:

1. **Almacenamiento temporal**:

    - σ La empresa constructora en conjunto con el responsable ambiental, designarán las áreas o superficie provisionales para el almacenamiento de cada tipo de RME, mismas que deberán contar con señalización clara.
    - σ En las áreas que se tengan almacenados materiales pétreos, se implementarán medidas para evitar dispersión por viento o lluvia. Es decir, se regarán diariamente o se taparán con lonas para evitar el desprendimiento de polvos.

2. **Disposición final**:

    - σ Se realizará el transporte de RME a sitios autorizados, en el caso de restos de excavaciones o cortes que no sean aprovechados, será en bancos de tiro que cuenten con el permiso vigente correspondiente.
    - σ El suelo orgánico será transportado hacia el sitio de confinamiento temporal de flora silvestre o hasta donde se llevará a cabo la reforestación.
    - σ Queda estrictamente prohibido realizar el vertido de material producto de las excavaciones y/o producto de las obras y/o actividades de las distintas etapas, en zonas con escorrentías superficiales y/o sitios que sustenten vegetación forestal.

- Queda estrictamente prohibida la actividad de tipo a balcón.
- Se deberán obtener las constancias de disposición final.

Procedimientos para el manejo y disposición de residuos peligrosos

Los Residuos Peligrosos (RP) son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley (LGPGIR, 2023).

1. **Almacén temporal de residuos peligrosos**

Para el establecimiento del almacén temporal se deberá cumplir con las siguientes características:

- La ubicación del almacén deberá quedar alejada de cuerpos de agua o superficies con pendiente que pudieran desencadenar la contaminación del agua en caso de accidente.
- Se ubicará en una zona segura, alejada de áreas operativas. En zonas donde se reduzcan riesgos de accidentes, fugas, incendios, explosiones o inundaciones.
- Deberá contar con un sistema de contención secundaria (diques, trincheras).
- El área destinada como almacén deberá contar con obras provisionales de protección: techo y piso impermeable.
- Como medidas de seguridad obligatoria, se debe contar con extintores y equipo de atención a derrames.
- Se deberá señalizar claramente con letreros de peligrosidad colocados en lugares y formas visibles.
- Los residuos serán organizados por compatibilidad química.

2. **Envasado y etiquetado**

- Se utilizarán envases compatibles con el residuo.
- Se etiquetarán claramente con nombre del residuo, características de peligrosidad y fecha de generación.
- Los envases se mantendrán cerrados y en buenas condiciones.

3. **Registro y documentación**

- Se elaborará y mantendrá vigente la bitácora de generación de residuos peligrosos
- Se elaborarán los manifiestos de entrega-transporte-recepción.
- Como forma de respaldo, se conservará la documentación por 5 años.

4. **Transporte y disposición final**

- Se realizará la contratación de empresas autorizadas por SEMARNAT para realizar el transporte hasta el sitio de confinamiento final, mismo que también deberá contar con autorización vigente de su funcionalidad.
- Se deberá solicitar y almacenar la copia de los manifiestos sellados de la ubicación final de los residuos.

Indicadores

Superficies libres de contaminantes.

Valor permisible: >95% segregación correcta, 100% disposición adecuada.

Umbral de alarma: <80% segregación correcta, cualquier disposición inadecuada.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **NO INSTALAR OBRAS PROVISIONALES DE NINGÚN TIPO CERCA DE CUERPOS DE AGUA**		

Debido al relieve accidentado y la amplia cobertura forestal, el SAR del proyecto se encuentra cubierto por una cantidad importante de aguas superficiales. En el área de influencia del proyecto, las principales corrientes perennes corresponden al denominado Arroyo Hondo, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras y Río Verde.

El Arroyo Hondo desciende del Nevado de Toluca, transcurriendo entre vegetación que corresponde a bosque de Oyamel y cruza el trazo en el cadenamiento 29+850; el arroyo Agua Zarca se inserta en el área de influencia a la altura del cadenamiento 45+400, transcurre hacia el suroeste y posteriormente cruza la carretera en el km 46+514.46, donde acompaña el camino hasta el km 47+500, hasta unirse al Río verde; el río Palo Amarillo en el área de influencia se inserta a 300 metros al sur del cadenamiento 50+900, para posteriormente cruzar en el cadenamiento 52+595.83 donde transcurre paralelo al proyecto hasta el 53+500, desembocando posteriormente en el río Verde; el río carbonaras se desarrolla en el área de influencia al este del cadenamiento 57+000 a una distancia de 343 metros del eje del proyecto, transcurriendo hacia el sur, hasta el cadenamiento 58+800, donde se denomina Arroyo Carbonaras, posteriormente continua su recorrido hasta unirse al arroyo Colorado, el cual constituye el límite del área de influencia en la porción sureste, donde atraviesa la localidad de Temascaltepec de González, se une al Río Verde, descargando posteriormente sus aguas al Río Temascaltepec; finalmente, el Río Verde comienza a acercarse al eje del proyecto a partir del cadenamiento 35+200, en donde fluye por áreas agrícolas, cruza la carretera en operación en los kilómetros 39+607.49, 46+514.46 y 63+520, desplazándose entre vegetación secundaria de bosque de pino-encino y posteriormente cruzando el asentamiento de Temascaltepec de González, hasta encontrar el cauce del río Temascaltepec, donde vierte sus aguas.

Por ello será de suma importancia el establecimiento de las obras provisionales en sitios alejados de estos escurrimientos perennes, así como de cualquier escurrimiento intermitente que se ubique cercano al proyecto. La distancia mínima deberá ser de 200 m.

Indicadores

Distancia mínima de 200 m de cualquier escurrimiento o cuerpo de agua: Todas las obras provisionales como almacenes, talleres y patios de maquinaria deberán estar alejados a una distancia mínima de 200 m de cualquier escurrimiento o cuerpo de agua.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **PROHIBIDO QUE LA MQUINARIA CIRCULE SOBRE CAUCES DE AGUA**		

Queda estrictamente prohibido que la maquinaria y vehículos utilizados durante los procesos constructivos del proyecto, circulen sobre los escurrimientos perennes o intermitentes que se encuentran a los costados del camino.

Además de esto también está prohibida la implementación de caminos alternos en las colindancias de la carretera en operación para la circulación de los vehículos de los usuarios de la vía. En caso de cierre parcial de la carretera por las obras de ampliación, se deberá dejar un carril para la circulación vehicular sobre la superficie de rodamiento.

Conservar la integridad y calidad de los cauces de agua es prioritario para la sustentabilidad del medio y de la vida que sustenta.

Indicadores

Delimitación de las zonas de trabajo
Nula afectación a corrientes de agua por tránsito de maquinaria y/o vehículos

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **REPARACIÓN EMERGENTE DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS**		

Se realizará el mantenimiento periódico (o rutinario) de los vehículos, maquinaria y equipo utilizado durante las distintas etapas de la obra, a fin de prevenir accidentes ambientales que contaminen las corrientes de agua por las que atraviesa el proyecto.

El mantenimiento se realizará exclusivamente en patios de maquinaria establecidos como sitios provisionales con cubiertas o membranas impermeables que impidan la infiltración de residuos peligrosos al suelo.

En caso de realizar recargas de combustible a la maquinaria que se mantiene en obra, se realizarán únicamente en los patios de maquinaria, los cuales deberán quedar estrictamente alejados de cuerpos de agua, sin inclinación del suelo y alejados de la vegetación forestal. Preferiblemente se utilizarán áreas o lotes cercanos a los centros de población, pero en distancias no menores a 50 metros de cualquier domicilio habitado.

Además, el patio de maquinaria deberá contar con un área destinada para realizar el almacenamiento temporal de combustibles y otros materiales utilizados para el mantenimiento, así como un área destinada para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos y de manejo especial.

Previo a cada jornada en la que se utilice ya sea el vehículo, la maquinaria o el equipo, se deberá realizar una revisión para verificar que se encuentre en condiciones de operar y detectar posibles fugas o descomposturas, motivos por los cuales podrá quedar inhabilitado(a) hasta haber reparado el problema.

Así como los vehículos y maquinaria, también se realizarán revisiones diarias de las pipas, contenedores y mangueras utilizadas para el transporte, almacenamiento y vertido de combustibles y lubricantes utilizados en obra.

Para la vigilancia de esta medida, un supervisor ambiental será responsable de revisar que:

- El mantenimiento rutinario o reparación de vehículos y maquinaria se realice en sitios provisionales con cubierta impermeable para evitar la contaminación del suelo y corrientes de agua.
- El manejo y disposición de residuos peligrosos provenientes de dicho mantenimiento.
- Vigilar y evitar el vertido o contaminación con residuos peligrosos a los cuerpos de agua y suelo.
- Ejecutar un plan de acciones emergentes en caso de accidentes que ocasionen la contaminación con residuos peligrosos.
- Vigilancia del programa rutinario de inspección de vehículos, fuentes automotoras y contenedores.

Control de contaminación:

- Se establecerán zonas específicas para mantenimiento de maquinaria lejos de cuerpos de agua.
- Se gestionarán adecuadamente residuos peligrosos y no peligrosos.
- Previo al inicio de actividades de construcción se realizará la implementación de trampas de sedimentos y aceites.

Indicadores

Frecuencia de mantenimiento, presencia de accidentes o fallas mecánicas.

Número de reparaciones realizadas cubriendo el suelo: El número de reparaciones en las que se cubrió el suelo para evitar la contaminación de este, y que las grasas, aceites y/o combustibles no lleguen a las corrientes.

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **NO EXTRAER AGUA DE CORRIENTES PERENES O INTERMITENTES**		

Queda estrictamente prohibido realizar la extracción o aprovechamiento de agua proveniente de las corrientes que cruzan la obra, o aquellas que se encuentren en sus colindancias. Cualquier actividad que requiera el uso de agua, deberá ser sustentada a través de agua cruda comprada en pipas.

Indicadores

Bitácoras y numero de contratos con prestadores de servicios de agua cruda.

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	Moderado
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **INSTALACIÓN Y MANEJO ADECUADO DE SANITARIOS PORTÁTILES**		

Se realizará la contratación de sanitarios que son unidades móviles especiales para el sector de la construcción para el uso por parte de los trabajadores para realizar sus necesidades fisiológicas para evitar la contaminación del ecosistema, por lo que deberán mantenerse limpios y en condiciones seguras para el servicio a los trabajadores.

Se deberá cumplir con los siguientes aspectos durante la instalación y ubicación de estos:

- Se colocará un sanitario pocos metros en cada zona o frentes de trabajo, se recomienda que la distancia máxima sea de 75 metros
- Se colocará un sanitario por cada 10 trabajadores de la construcción
- Se ubicarán en zonas estratégicas, alejados arroyos o escurrimientos, en áreas donde no les afecten ráfagas de vientos fuertes
- Se colocarán en superficies totalmente niveladas con acceso para su mantenimiento
- Se colocará señalización adecuada para la ubicación de los sanitarios

Estos sanitarios deberán tener las siguientes características:

- Estructura reforzada para su uso intensivo
- Que resista las condiciones climáticas del medio donde serán colocados
- Con alta capacidad de tanque, suficiente para la plantilla o frente de trabajo
- Se recomienda que tengan unidades de lavamanos integrados

La empresa contratada para la instalación, manejo de sanitarios y disposición de las aguas residuales deberá cumplir con lo siguiente:

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS, condiciones de seguridad
- Cumplimiento de las regulaciones ambientales locales
- Se deberá implementar un programa de mantenimiento y protocolos de limpieza a través de la empresa subcontratada quien les hará limpieza profunda al menos una vez a la semana y desinfección diaria
- Una vez culminada la obra se realizará el retiro de los sanitarios

Indicadores

Evidencia de fecalismo al aire libre: La evidencia de fecalismo en las colindancias del proyecto deberá ser nula.

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **EVITAR EL ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN CERCA DE LOS CUERPOS DE AGUA**		

Los residuos provenientes de las actividades como desmonte y despalme y la misma conformación de las alineaciones horizontales y verticales del proyecto no se deberán de acumular en puntos cercanos a los escurrimientos que serán intervenidos por el proyecto o aquellos que se encuentran en sus colindancias, ya sean corrientes intermitentes o perennes. Deslizamientos de este tipo de materiales hacia los cauces pueden arrastrar este tipo de material hacia zonas más alejadas de las contempladas para la ampliación de la carretera. Además, estos residuos pueden obstruir los cauces del agua y con esto alterar la continuidad y dirección de los flujos. Por ende, los residuos que se generen podrán ser acumulados a los costados de la carretera, solo en zonas ya desmontadas y/o despalmadas y alejadas de las escorrentías, esto de manera provisional, ya que se deberá de hacer un acarreo continuo de estos residuos hacia un almacenamiento temporal en los sitios donde se instalen las obras provisionales.

Indicadores

Presencia/ausencia de escombro y material de construcción: La presencia o ausencia de escombros y/o material de construcción en las cercanías o en los cauces será un indicador de la mala disposición de este tipo de residuos.

	ATMOSFERA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Confort sonoro	Aumento en las emisiones sonoras	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **TRABAJAR EN HORARIO DIURNO**		

Actualmente ya se presenta una alteración en la naturalidad de la región por las emisiones sonoras que produce el tránsito de vehículos en la carretera actual, sin embargo, los procesos constructivos a realizarse generarán mayor ruido y de manera más intensa y constante en los frentes de trabajo y sitios de obras provisionales mientras se realiza la ampliación del camino.

Cuando las obras y actividades se realicen cerca de los asentamientos urbanos pudieran generar molestias a los habitantes de la zona, es por ello que los trabajos solo podrán realizarse en horario diurno, queda prohibido realizar cualquier trabajo nocturno.

Asimismo, dado que los niveles de ruido en los frentes de trabajo pueden llegar a ser muy altos, se pueden presentar afectaciones a los trabajadores, ya que estos están expuestos durante periodos de tiempo prolongados a estos ruidos. Esto hace necesario el apego a las condiciones de higiene de trabajo, las cuales se estipulan en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, en su título tercero "Condiciones de Higiene", Capitulo Primero "Ruido y Vibraciones", artículos 76 al 78 y en la NOM-011-STPS-2011, emitidas por la Secretaria de Trabajo y Previsión Social, las cuales, establecen los límites máximos para la exposición al ruido en los centros de trabajo, específicamente en su Apéndice A que menciona también el tiempo máximo permisible de exposición, de la siguiente manera:

Nivel de Exposición de Ruido	Tiempo Máximo Permisible de Exposición
90 dB (A)	8 horas
93 dB (A)	4 horas
96 dB (A)	2 horas
99 dB (A)	1 hora
102 dB (A)	30 minutos
105 dB (A)	15 minutos

dB: Decibel. Es una unidad de relación entre dos cantidades utilizada en acústica

(A): Nivel Sonoro "A". es el nivel de presión acústica instantánea medido con la red de ponderación "A" de un sonómetro normalizado

Para el caso en el que el tiempo de exposición o los niveles de ruido superen estos parámetros, el promovente estará obligado a proporcionar el equipo de protección auditiva correspondiente según la NOM-011-STPS-2011 y la NOM-017-STPS- 1993.

Indicadores

Horario de inicio y fin de actividades. (Valor permisible: 8:00-18:00 horas)

Porcentaje de trabajadores con equipo de protección auditiva.

	FLORA/FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FLORA (Especies en norma)	Retiro de individuos	Moderado
FAUNA (Reptiles)	Caza de individuos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: PLÁTICAS DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL		

Se implementarán pláticas de concientización, educación y capacitación en temas de conservación, respeto por el medio ambiente, cuidado y protección de especies para todo el personal que labore en la obra. Algunos de los temas a tratar durante la ejecución pueden ser los siguientes:

- Importancia de las especies de flora y fauna en el medio silvestre.
- Legislación y Normatividad Ambiental Mexicana en temas de protección a las especies silvestres, así como penalizaciones en caso de realizar extracciones o cazas ilegales.
- Especies protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, así como especies de importancia o vulnerables en el ecosistema.
- Pláticas sobre los protocolos de acción y/o medidas en caso de encontrar especies de fauna silvestre durante la ejecución de la obra.
- La prohibición estricta de no introducir fauna exótica (animales de compañía) en el sitio de los trabajos.

Indicadores

Número de pláticas realizadas, porcentaje de personal capacitado, resultados en la prevención de accidentes, resultados en el cuidado del medio ambiente (respeto hacia la flora y fauna)

	FLORA/FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FLORA (Especies en norma)	Retiro de individuos	Moderado
FAUNA (Reptiles)	Caza de individuos	Irrelevante
INFRAESTRUCTURA URBANA	Ocurrencia de accidentes Afectaciones al tránsito por obras	Irrelevante Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA		

Será necesario realizar la colocación de señalética durante la ejecución de la obra (temporal), esto para prevenir y/o disminuir los siguientes impactos, estos durante la obra en cada frente de trabajo.

- Respeto y protección de la flora y fauna silvestre

- Respeto por el hábitat y prevención de su contaminación
- Ubicación de áreas provisionales para el estacionamiento y/o mantenimiento de vehículos y maquinaria
- Sitios de disposición temporal de residuos
- Uso de equipo de protección personal (EPP)
- Carteles de peligros potenciales por tránsito de vehículos y maquinaria, manejo de materiales que puedan ocasionar accidentes laborales, electrocuciones, número máximo de personas en andamios o estructuras provisionales, entre otros.

Para la colocación de señalética durante la obra, puede apoyarse de las clasificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías; la cual puede seguirse como guía más no es limitativa en cuanto a las clasificaciones y nomenclaturas que podrán usarse.

Rojo	•Paro •Prohibición •Materiales, equipo y sistemas de combate de incendios
Amarillo	•Advertencia de peligro •Delimitación de áreas
Verde	•Condición segura •Medidas de protección de la vegetación
Azul	•Obligaciones

Figura 2. **Recomendaciones de colorimetría de seguridad durante la obra**

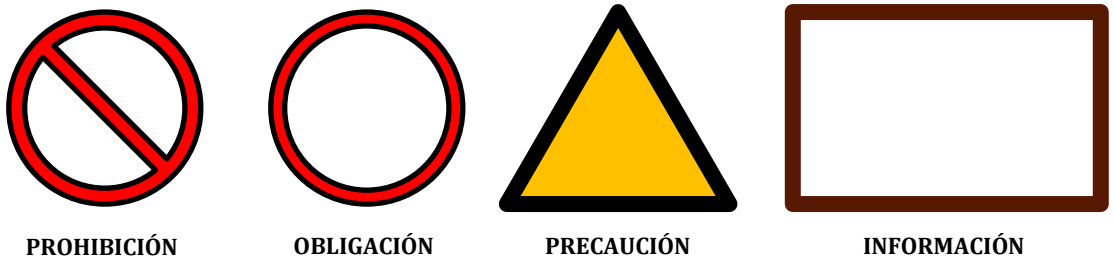


Figura 3. **Morfología recomendada para señales de seguridad e higiene.**

Indicadores

Número de señales instaladas en cada área o frente de trabajo o por kilómetro versus el plan establecido, estado físico y visibilidad.

VI.5.1.2 Medidas de Remediación

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
AGUA	Contaminación del agua con residuos peligrosos	Moderado
SUELO	Contaminación del suelo con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **DESACTIVACIÓN DE LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTO AL CONTAMINANTE**		

En caso de que se presente contaminación de suelo o agua, se implementarán procedimientos para la atención de contingencias, considerando los siguientes aspectos:

1. **Kit de atención a derrames**:

- σ Se contará con material absorbente como arena, vermiculita, paños absorbentes.
- σ En cada sitio de almacenamiento de RP deberán de tenerse herramientas para recolección (palas, escobas).
- σ Se deberá contar con contenedores para residuos contaminados.
- σ En cada sitio de almacenamiento temporal deberá contarse con equipo de protección personal (EPP).



Figura 4. Ejemplo de uso de kit antiderrame.

2. **Procedimiento de atención a derrames**:

- σ Contener el derrame utilizando material absorbente
- σ Recolectar el material contaminado en contenedores adecuados
- σ Gestionar los residuos como residuos peligrosos
- σ Registrar el incidente y notificar a las autoridades competentes si es necesario

3. Remediación de Suelos Contaminados

En caso de contaminación del suelo por hidrocarburos u otras sustancias peligrosas, las acciones emergentes serán las siguientes:

- **Acciones inmediatas**:
  - Inactivar la fuente de contaminación
  - Contener la migración de contaminantes
  - Retirar el suelo visiblemente contaminado

- **Evaluación de riesgo**: que será llevada a cabo por una unidad de verificación o laboratorio externo autorizado.

- **Acciones de remediación**:
  - Se elaborará un plan de remediación según evaluación de riesgo.
  - Se implementarán técnicas de remediación aprobadas.
  - Se verificará el cumplimiento de niveles de limpieza.

4. Remediación en cuerpos de agua contaminados.

- Identificar la fuente de contaminación, para su inmediato retiro y eliminación de la fuente contaminante.
- Empleo de cordones absorbentes, que constituyen barreras mecánicas que se extienden sobre el agua con el objeto de contener, confinar y cercar la sustancia derramada, y realizar inmediatas acciones de recuperación de dicho derrame.
- Los dispositivos serán exclusivamente para la absorción de hidrocarburos (estos dispositivos confieren 3 ventajas principales en su uso, que son el fácil manejo del equipo, la contención del contaminante y la absorción del mismo, sin presentar disgregación o hundimiento una vez saturados)
- Retiro de cordones y disposición como residuos peligrosos o de manejo especial.



Figura 5. Cordones absorbentes para hidrocarburos

Indicadores

Número de incidentes atendidos: Se deberá atender el 100% de los incidentes presentados.

Frecuencia de mantenimiento: Se deberá realizar de manera continua el mantenimiento de los vehículos y maquinaria.

Bitácora de mantenimiento: Todos los vehículos y maquinaria deberán contar con una bitácora de mantenimiento en la que se llevé el control de la periodicidad de estos.

	SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
SUELO	Contaminación del suelo con residuos peligrosos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **REPARACIÓN EMERGENTE DE MAQUINARIA Y VEHÍCULOS**		

La reparación de los vehículos y maquinaria se deberá realizar en los talleres y patios de maquinaria, sin embargo, en caso de que se presente algún incidente y se tenga que realizar la reparación en el sitio del proyecto, se deberá contar con una lona o plástico la cual se deberá colocar debajo del vehículo o maquinaria con la finalidad de que esta funcione como una capa impermeable impidiendo que los líquidos lleguen al suelo y que ocasione contaminación.

Indicadores

Reparaciones realizadas cubriendo el suelo: El número de reparaciones realizadas en las que se proteja el suelo con una capa impermeable será mayor que aquellas en las que no se tomó ninguna medida para proteger el suelo.
Frecuencia de mantenimiento: Se deberá realizar de manera continua el mantenimiento de los vehículos y maquinaria.
Bitácora de mantenimiento: Todos los vehículos y maquinaria deberán contar con una bitácora de mantenimiento en la que se lleve el control de la periodicidad de estos.

VI.5.1.3 Medidas de Reducción

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **DELIMITACION DE ÁREAS DE TRABAJO**		

Una medida fundamental para prevenir la afectación de los cauces durante la modernización de la carretera es realizar la delimitación adecuada de las áreas de trabajo, esto con la finalidad de evitar mayores afectaciones a las estrictamente necesarias, especialmente para prevenir la afectación de la vegetación que protege los márgenes de los cauces.

Por tal motivo, se propone realizar la delimitación física de las siguientes áreas de trabajo:

- Delimitación de área sujeta a cambio de uso de suelo (remoción de la vegetación), para prevenir la afectación de áreas no autorizadas en los márgenes de los cauces.

- Marcaje de individuos sujetos a remoción, esto para evitar afectación o remoción de ejemplares que estén fuera de las superficies autorizadas y el desmonte innecesario en los márgenes de los cauces.

- Delimitación de zonas de construcción de obras de drenaje para evitar y/o disminuir al máximo la contaminación por arrastre de sedimentos y azolve de cauces con materiales pétreos, así como otros residuos de construcción.

- Delimitación de franjas de amortiguamiento para la prevención de la contaminación de los cauces.

Asimismo, se propone la delimitación de áreas de excavaciones y cortes para prevenir la pérdida de suelo gravedad y con ello el azolve de los escurrimientos, así como la concentración de partículas suspendidas en el agua.

Indicadores

Ubicación de las superficies delimitadas, tipos de materiales implementados, (Valor permisible: mínimo, se delimitará el 100% de las franjas colindantes a los cauces).

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **TRABAJO EN TEMPORADA DE ESTIAJE**		

Para disminuir la contaminación de corrientes de agua con sedimentos y el azolve de cauces con materiales pétreos, la construcción o adaptación de obras de drenaje deberá de realizarse en la temporada de estiaje, esto con la finalidad de disminuir la magnitud de los impactos y evitar los mismos en los casos de las corrientes que son intermitentes.

Indicadores

Calendario de actividades cerca de cauces (Valor permisible: 100% de trabajos en cauces durante estiaje).

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **NO INSTALAR OBRAS PROVISIONALES O REALIZAR ACTIVIDADES CERCA DE CUERPOS DE AGUA QUE NO ESTÉN RELACIONADOS CON OBRAS DE DRENAJE**		

Para evitar la contaminación de las corrientes de agua con sedimentos, así como su azolve, **NO** se permitirá la instalación de cualquier tipo de obra en las zonas cercanas a los cauces de agua (perennes o intermitentes) que no estén relacionadas con las obras de drenaje por construir.

Indicadores

Lista de relación 1:1 obra por corriente de agua intervenida con la modernización. (Valor permisible: No se tendrá tolerancia en esta medida).

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
Atmosfera	Generación de polvos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **RIEGO DE SUPERFICIES DE TRABAJO**		

Para controlar la emisión de partículas de polvos, la contaminación de corrientes por sedimentos, así como el azolve de estas que produce el movimiento de tierras, excavaciones y movimiento de maquinaria y vehículos; se deberá realizar diariamente en las primeras horas de la jornada laboral el regado de las superficies de trabajo con agua cruda comprada en pipas.

Para la ejecución de esta medida, queda estrictamente prohibido realizar la extracción o aprovechamiento de agua proveniente de las corrientes que cruza la obra.

Indicadores

Frecuencia de riego, presencia de polvo visible (Valor permisible: 2-3 riegos diarios en temporada seca).

Umbral de alarma: Polvo visible a más de 50 metros, menos de 1 riego diario

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **INSTALACIÓN DE BARRERAS DE SEDIMENTOS**		

Como su nombre lo indica, son barreras de sedimentos que se utilizan como medida de control de erosión y retención de sedimentos en obras. Son útiles para prevenir la contaminación de cuerpos de agua, reducir el arrastre de sedimentos por escorrentía, proteger áreas ambientalmente sensibles y cumplir con normativas ambientales.

Los materiales necesarios para la colocación de esta medida son los siguientes:

- Geotextil no tejido - permeable de alta resistencia (150 a 200 g/m2)
- Postes o polines de madera (mínimo de 1.2 metros de longitud)
- Grapas o alambre galvanizado
- Herramientas manuales: nivel y estacas para el marcaje, pala recta o pico para excavación, mazo para la instalación de los postes, engrapadora industrial para madera, equipo de compactación manual.
- Malla metálica para refuerzos cuando el terreno presenta fuertes pendientes.

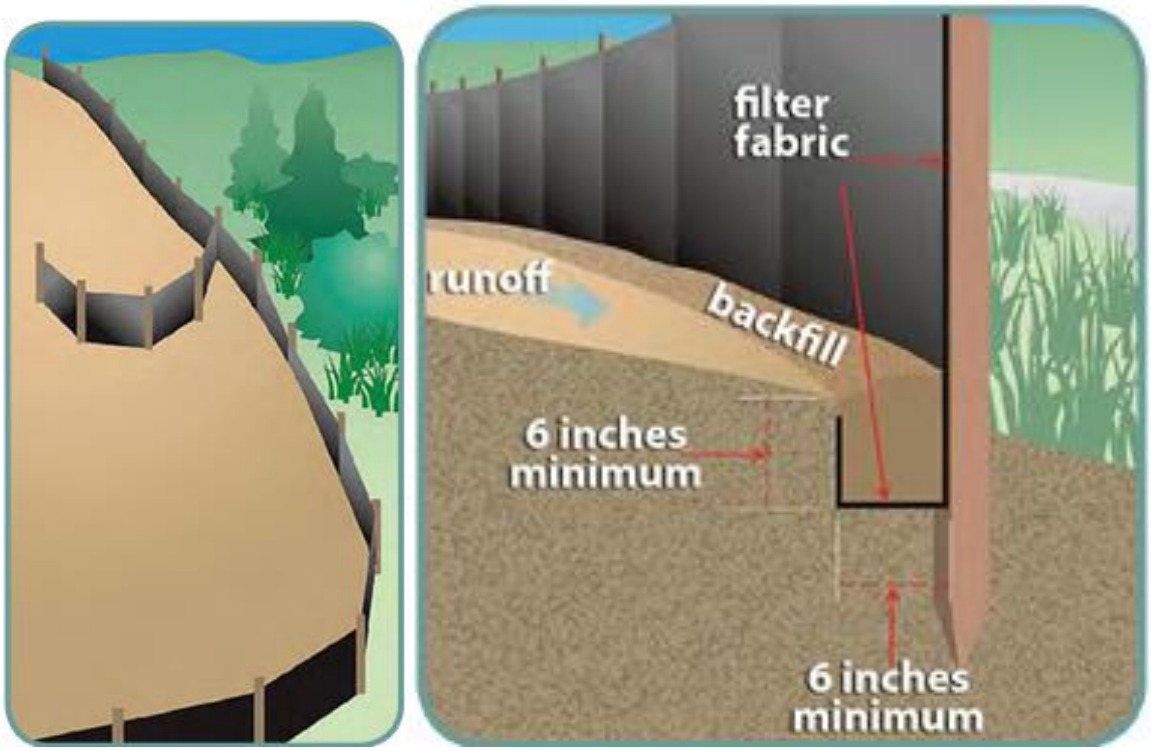


Figura 6. Barreras de sedimentos

Método de instalación:

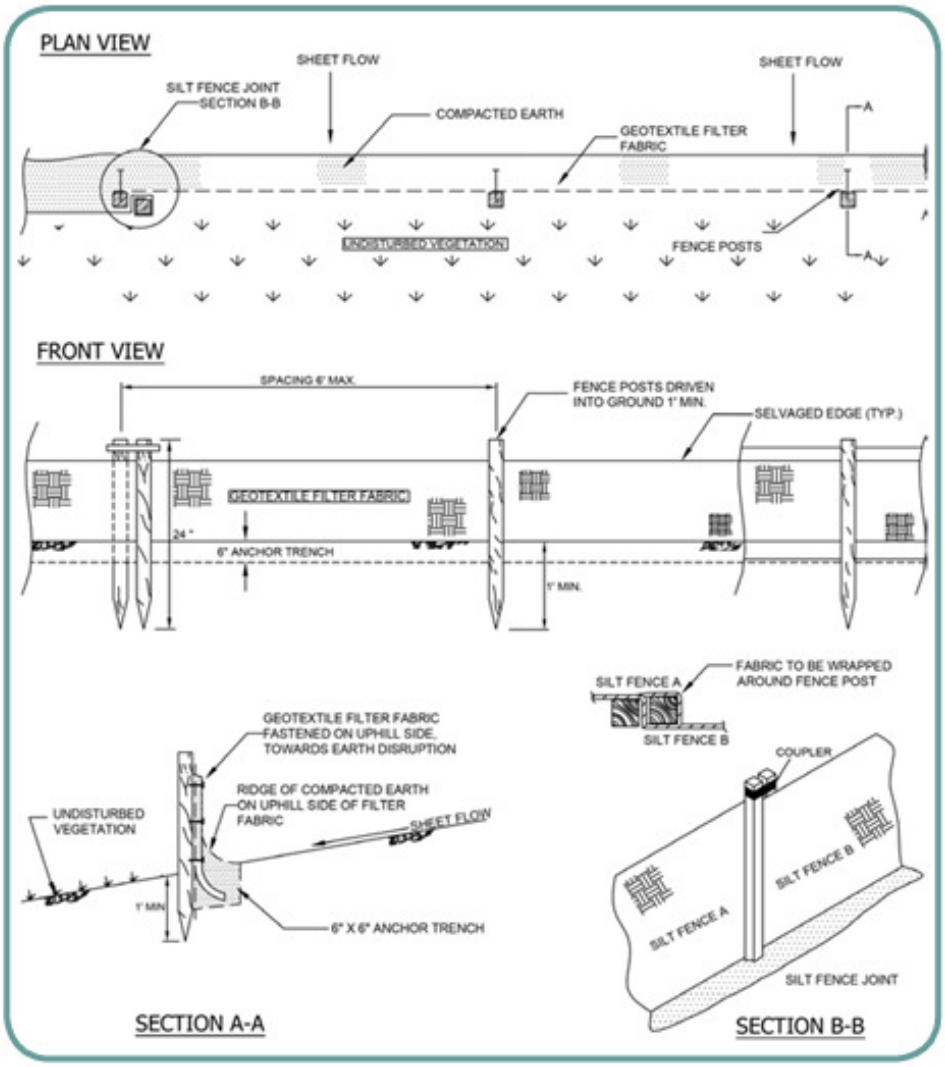


Figura 7. Proceso ilustrativo de instalación de barreras de sedimentos

- Primero se realizará la identificación de las áreas propensas a la erosión o desprendimiento de materiales, tales como terrenos con pendientes muy pronunciadas, suelos inestables o blandos que se desprenden fácilmente.
- Se priorizará la instalación en taludes, zonas con cuerpos de agua cercanos o con suelos sueltos.
- Posteriormente se realiza el trazado mediante las estacas y cuerda o nivel.
- Luego se comienza con la excavación de zanja de 15 a 20 cm de profundidad y de 10 a 14 cm de ancho en perpendicular a la pendiente o flujo del escurrimiento y siguiendo las curvas de nivel.
- Se clavan las estacas a una distancia de 1.5 a 1.8 metros entre sí a una profundidad mínima de 30 centímetros.
- La barrera de geotextil anti-limos se fija en el lado ascendente de la pendiente o de las estacas, frente a la disrupción del terreno por medio de grapas o alambre galvanizado.

En los casos en que la barrera se sitúe en sitios con fuertes pendientes se deberá colocar primero un refuerzo con malla metálica.

- σ El borde inferior del geotextil se entierra al fondo en la zanja y se compacta el suelo del lugar para evitar filtraciones en la base.
- σ Monitoreo: es importante estar revisando las condiciones de la barrera mientras se estén realizando obras en el área, así como después de lluvias intensas.
- σ Una vez que la barrera llegue al 50% de su capacidad deberá realizarse un mantenimiento.
- σ Al concluir las labores de construcción se deberá realizar el retiro de las barreras y realizar el acomodo y estabilización de los materiales, especialmente si se encuentra en talud para evitar futuros desprendimientos.

Indicadores:

Calidad del agua (pH, turbidez, SST).

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **COLOCACIÓN DE FILTROS DE GRAVA Y PIEDRA**		

Las trampas de sedimentos son pequeños embalses que interceptan la escorrentía pluvial cargada de sedimentos y permite que se acumule de modo que los escurrimientos se asienten. Suelen ubicarse en áreas de drenaje natural antes de que comiencen los trabajos de excavación o relleno.

Instalación:

- σ Deben instalarse antes de que se produzca cualquier alteración del terreno, en el área de drenaje.
- σ Se construyen en el lado cuesta debajo de las áreas de suelo desnudo donde convergen los flujos.
- σ Previo a la construcción se debe realizar el análisis del sitio para identificar patrones de escorrentía y drenaje natural para determinar los puntos estratégicos de ubicación.
- σ El tipo de trampas a construir será tipo dique o barrera que es adecuada para cauces definidos o barrancos, con altura generalmente entre 1 y 3 metros. El material puede ser concentraciones de grava, piedra, gaviones, sacos terreros.

Construcción:

- σ El método más sencillo es cavar un hoyo o construir un dique (berma) de tierra o piedra donde haya flujos concentrados. Esto ayudará a detener la escorrentía para disminuir la fuerza del drenaje y que los sedimentos puedan sedimentarse. La salida puede ser una depresión revestida de rocas en la berma de contención.
- » Profundidad de 0.9 metros

» Fondo plano de 0.9 metros de largo
» Pendientes laterales con una inclinación máxima de 1H:1V (una unidad horizontal por cada unidad vertical)
» Deben ser lo suficientemente anchas para capturar todo el volumen de agua sin reducir el ancho de la zanja.

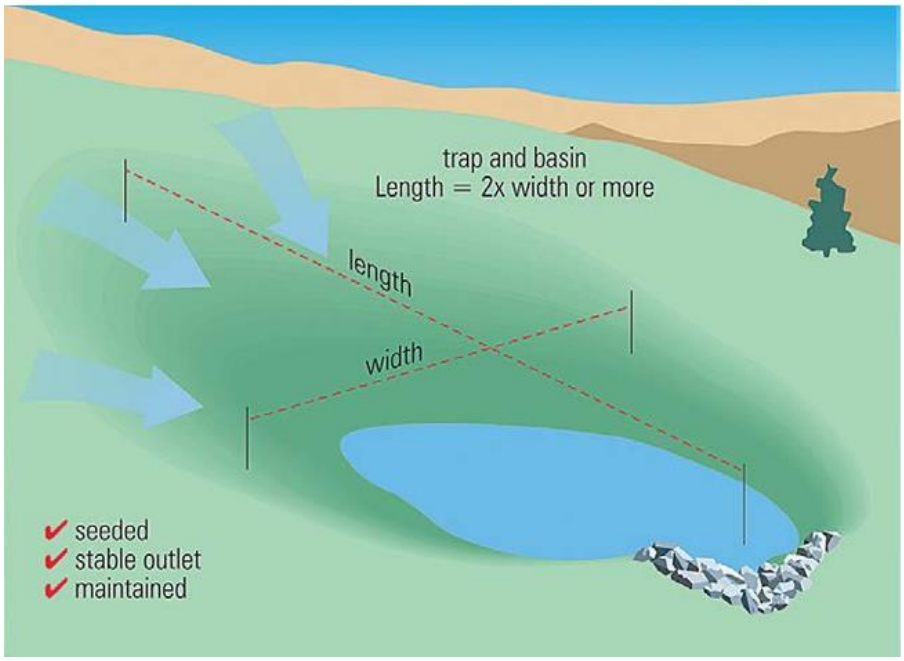


Figura 8. Ilustración de trampas de sedimentos

Ubicación de las trampas de sedimentos:

Se recomienda realizar este tipo de trampas en los arroyos intermitentes aguas arriba de la modernización para reducir la velocidad de los escurrimientos lo que conllevará a una disminución de los arrastres de suelo y por consecuencia el azolve de los cauces al terminar las temporadas de lluvia.

Indicadores:

Calidad del agua (pH, turbidez, SST).

	AGUA / SUELO	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
Calidad del suelo	Exposición del suelo al intemperismo	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES		

Esta medida funge tanto para la protección de los suelos expuestos al intemperismo, controlando la erosión, además de proteger al componente hídrico, ya que a través de la estabilización de taludes se busca consolidar y asegurar terrenos inclinados para prevenir deslizamientos, erosión laminar y eólica y con esto el azolve en los sitios donde los taludes queden colindantes con los escurrimientos superficiales.

Para determinar los sitios sujetos a estabilización de taludes se deberán tener consideraciones importantes por parte del área de ingeniería o área de construcción del proyecto:

- Estudios geotécnicos: Es crucial realizar análisis detallados del terreno para determinar los parámetros resistentes y las posibles fuerzas desestabilizadoras.
- Factores climáticos y geológicos: Las condiciones del suelo, la presencia de agua y las sobrecargas deben ser consideradas para diseñar soluciones efectivas.

En resumen, la estabilización de taludes es un proceso complejo que combina técnicas de ingeniería y análisis geotécnico para garantizar la seguridad y durabilidad de terrenos inclinados.

Para este proyecto, se recomiendan la estabilización con mallas de protección que irán de la mano con una revegetación:

Mallas de protección

Las mallas de protección se utilizan para proteger pendientes pronunciadas y otras zonas con alto potencial de erosión. La mayoría están diseñadas para proporcionar estabilización temporal hasta que se establezca la vegetación.

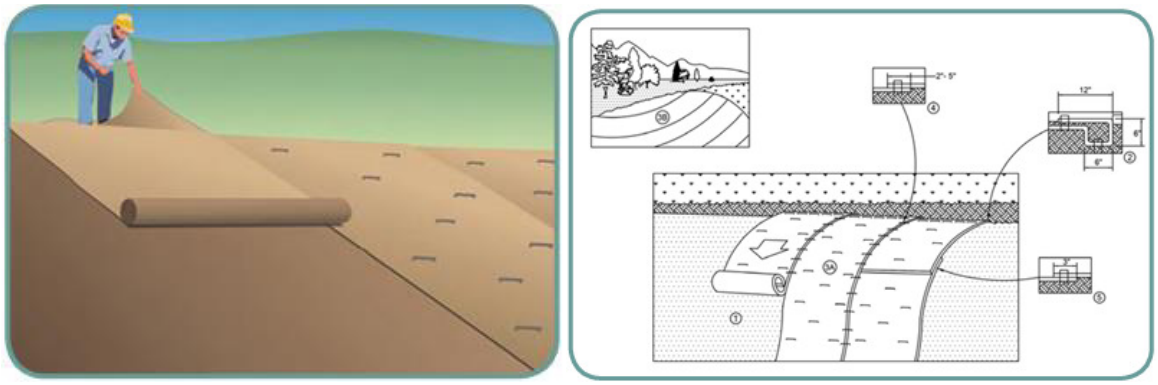


Figura 9. Instalación de mallas de protección orgánicas

Las mantas de control de erosión pueden degradarse en un plazo de 5 a 24 meses, dependiendo de su composición. Consisten en una capa de paja, fibra de coco, fibra de madera o yute, cuyos elementos, hilos, son porcentualmente menores que sus huecos, por lo que se emplean como elementos de refuerzo que estabiliza y da soporte a la vegetación emergente y posteriormente se descompone para favorecer el crecimiento de las plantas. También ayudan a aumentar la infiltración de la precipitación y reducir la formación de costras y compactación del suelo.

Instalación:

- Previo a la instalación, las áreas donde serán colocadas deben prepararse con tierra vegetal que puede ser proveniente del despalme realizado previamente.
- Deben colocarse de manera suave, pero suelta sobre la superficie del suelo sin estirarse.
- En la parte superior e inferior de la pendiente, deben excavarse zanjas de 15 cm de ancho por 15 cm de profundidad, en la parte superior, la excavación debe estar más allá de la cresta de la pendiente para evitar socavaduras.
- Deben anclarse de acuerdo con las pautas de instalación del fabricante.
- En pendientes cortas de 2.4 metros o menos, las mallas se instalan transversalmente, es decir de manera horizontal.
- En pendientes largas, se instalan perpendicularmente a la colina, es decir, de manera vertical.



Figura 10. Ilustración de taludes estabilizados con mallas orgánicas

Revegetación de taludes

La revegetación es una práctica complementaria para las actividades de protección de taludes que ayuda a consolidar el suelo con raíces y reducir el impacto del agua de lluvia.

Esta medida puede ser implementada cuando los taludes tienen poca pendiente o longitud, lo que garantice la seguridad de los usuarios de la carretera. De acuerdo con esto, se considera que las especies aptas para realizar la revegetación de taludes son especies nativas de la región, ya que presentan una alta adaptabilidad a las condiciones ambientales de la zona, que además presentan aptitudes para aumentar la estabilización del suelo, son de crecimiento rápido y tolerantes ante situaciones de estrés como sequías y suelos pobres. Además, las especies seleccionadas deben ser nativas para evitar la alteración de la composición natural de la vegetación en la región y prevenir el desplazamiento de especies.

De acuerdo con lo anterior, las especies que podrán utilizarse dependiendo de su disponibilidad y facilidad de propagación pueden ser las que se enlistan en la siguiente tabla, la cual puede adaptarse de acuerdo con las condiciones y temporalidad del ciclo de las especies durante la obra.

Tabla 1. Listado de especies con características para estabilización de taludes

Estrato	Especie	Nombre común	Aptitud	Éxito de propagación
Arbustos	*Baccharis conferta*	Escoba	Excelente para revegetación, resistente y útil contra erosión.	Semillas – Alto nivel de éxito.
	Ceanothus caeruleus	Chaquira	Arbusto fijador de nitrógeno que mejora la calidad del suelo mientras lo estabiliza	Semillas y estacas – Facilidad media (semillas) y alta (estacas)
	Ageratina grandifolia	Raíces de serpiente	Arbustos nativos con sistema radicular adaptado a bosque templados	Esquejes y semillas – Facilidad media a alta
	Symphoricarpos microphylla	Perlita	Excelente para estabilización de taludes en bosques templados	Esquejes – alta 75-85% de éxito
	Fuchsia microphylla	Coralillo, Aretillo	Arbusto nativo adaptado al sotobosque	Esq- Facilidad alta 80 -90% de éxito
Herbáceas	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Gramínea perenne con sistema radicular fibroso ideal para el control de la erosión	División de matas o semillas – Facilidad muy alta +90% de éxito
	Penstemon roseus	Campanita rosa	Herbácea perenne con sistema radicular adaptado a pendientes	Semillas y división de matas – Facilidad alta
	Salvia elegans	Hierba del burro	Herbácea perenne nativa de zonas montañosas	Esquejes – Facilidad muy alta +90% de éxito

Indicadores

Protección de taludes con malla orgánica. 100% de cobertura en superficie con erosión.

Revegetación de taludes: Porcentaje de supervivencia (85% de supervivencia en especies plantadas).

	AGUA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
Calidad del agua	Modificación de cauces Azolve de cauces por residuos de obra	Irrelevante Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **REVEGETACIÓN DE MÁRGENES DE CAUCES**		

Esta medida consiste en la plantación de especies forestales que tienen la capacidad de desarrollarse en sitios húmedos con la finalidad de restaurar el suelo de los márgenes de los cauces y con ello, aumentar la retención de humedad, reducir la erosión laminar y el desprendimiento de partículas de suelo que por gravedad contribuyan al azolve de los cauces.

Consideraciones para su ejecución:

- Al concluir las obras de drenaje y modernización de los tramos carreteros con los que conectan, será primordial realizar una evaluación de las áreas intervenidas con la finalidad de identificar las franjas o márgenes en las que será necesario realizar la revegetación.

- Se deberá realizar un análisis de las especies nativas presentes en las áreas adyacentes a los cauces que permitan ser utilizadas para la revegetación.

- Se dará prioridad a especies vegetales nativas con sistemas radiculares que aporten estabilidad.

Selección de los cauces o sitios para revegetación:

A continuación, se presentan los criterios que se deberán seguir para la selección de los márgenes de los cauces en los que se realizará la revegetación:

- Cauces con mayor valor ecológico
  - Suelen ser cauces que están mejor conectados a los ecosistemas terrestres circundantes, funcionando como corredores biológicos.
  - Cauces que presentan vegetación forestal en sus márgenes para la regulación del microclima, control de la temperatura del agua y retención de materia orgánica.
  - Zonas de recarga hídrica donde la infiltración suele ser más efectiva por su cobertura vegetal y suelos menos compactados.
- Cauces descubiertos y que por la dimensión de la obra y el gasto del cauce sea posible la erosión de sus márgenes en la temporada de lluvias.
- Pendiente del terreno pronunciada.

Criterios para la exclusión de cauces:

- Cauces localizados en áreas agrícolas o sitios alterados, ya que si bien, en el área del proyecto tienen mayor tamaño, sus márgenes han perdido gran parte de su funcionalidad ecológica.

- σ Aunque su revegetación puede ser positiva, es más difícil restaurar ecológicamente debido al entorno agrícola que continúa aportando especies competitivas para las especies nativas.

- σ Poca pendiente o pendiente nula que en conjunto con un escurrimiento de primer orden no tenga un gasto elevado y por lo tanto, no se provoque la formación de cárcavas o erosión del cauce.

Especies seleccionadas

Las siguientes especies son nativas de la región y pueden ser encontradas en las inmediaciones del SAR, por lo que estas pueden ser consideradas para la revegetación de márgenes de cauces.

Tabla 2. Especies para revegetación de márgenes de cauces

Especie	Nombre común	Características
Alnus jorullensis	Aile	Nativa de bosques templados, fijadora de nitrógeno, fácil propagación mediante semillas y estacas, excelente para estabilización por su sistema radicular profundo y extenso. Ideal para zonas riparias y suelos húmedos.
Clethra mexicana	Mamojuaxtle	Nativa de bosques montanos templados, que gustan de áreas con sombra y humedad. Puede ser propagada por vástagos de 10 a 15 cm de largo o por semilla.
Prunus capulí	Capulín	Árbol que crece en laderas húmedas, su sistema radical puede ayudar en la estabilización del suelo.
Salix paradoxa	Borreguito/ Sauce	Nativa, especialista en zonas riparias, especialmente adecuada para zonas de contacto directo con el agua; de muy fácil propagación por estacas, con niveles de éxito mayores al 90%, con sistema radical fibroso que retiene suelo.

Asimismo, se sugiere realizar un enriquecimiento forestal en la totalidad de los cauces donde se construirán obras de drenaje con especies arbustivas y herbáceas sembradas por medio de semilla al boleo o bien, mediante el trasplante de esquejes o rizomas.

Tabla 3. Especies seleccionadas para revegetación por boleo

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Asteraceae	*Ageratina adenophora*	Flor de espuma
	Ageratina glabrata	Chamisa
	Ageratina grandifolia	Raíces de serpiente
	Baccharis conferta	Escoba
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	Ala de ángel
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba del burro

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
	Salvia gesneriiflora	Mirto colorado
	Salvia helianthemifolia	Salvia
	Salvia iodantha	Campana terciopelo
Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea

Para conseguir las plántulas o material vegetativo que se utilizará para la revegetación se podrán realizar acciones de rescate de germoplasma o partes vegetativas para su propagación siguiendo las metodologías del programa de rescate de flora.

En caso de que las especies no puedan ser propagadas, puede realizarse la adquisición de planta en viveros autorizados o bien, de semillas para su propagación.

Preparación del terreno y estabilización del suelo

Previo al establecimiento de los individuos, se implementarán acciones de estabilización de taludes señaladas en apartados anteriores dentro de este mismo documento. Dichas acciones consisten en la colocación de malla orgánica anclada al suelo para evitar desprendimientos de suelo. Una vez que el suelo ya no se desprenda, se podrá realizar la revegetación, a través de la apertura de cepas y laboreo mínimo para evitar la afectación del suelo.

Plantación

En tres bolillo, se podrán plantar los individuos arbóreos y arbustivos de las especies arbóreas antes mencionadas, alternando su distribución. Las especies arbustivas y herbáceas se plantarán intercaladas en bordes o espacios intermedios para promover la cobertura del suelo y dar mayor diversificación de la estructura vegetal.

Cada plántula se colocará al fondo de la cepa cuidando que el cuello de la raíz quede al nivel del suelo. La cepa puede ser enriquecida con composta orgánica o humus de lombriz previamente.

Posteriormente se cubrirá con tierra firme y se compactará ligeramente con las manos. Luego, se realizará un riego de asiento para asegurar el contacto entre raíces y sustrato.

Cajeteo o formación de terrazas individuales.

Una vez estabilizado el terreno y a consideración de los aspectos técnicos del terreno, se procederá a la construcción manual de terrazas individuales en puntos estratégicos alrededor de las especies previamente plantadas. Las terrazas serán de forma semicircular 1 metro de diámetro por 0.10 m de profundidad, adaptándose a la topografía del sitio. Esta técnica permitirá minimizar la erosión, mejorar la infiltración de agua y generar microhábitats favorables para el desarrollo de las plántulas.

Proceso de construcción:

1. Trazar la curva a nivel o hilera sobre la que se iniciarán los trabajos. El diseño más comúnmente utilizado es el tresbolillo.

2. Se excava el suelo para formar la terraza rebajando la parte alta de la pendiente y con el material resultante se rellena aguas abajo hasta lograr que la terraza quede horizontal o en contrapendiente y pueda almacenar un espejo de agua de 10 centímetros de profundidad.

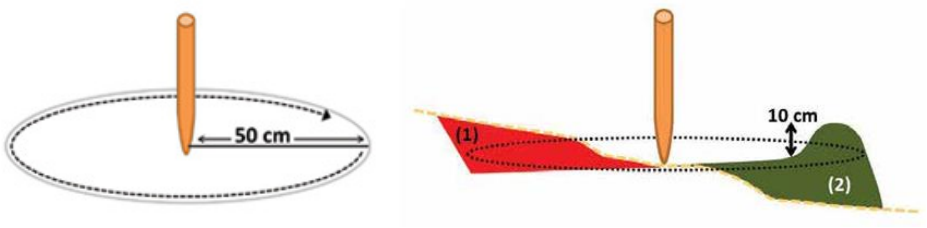


Figura 11. Dimensiones de las terrazas individuales

3. En zonas con alta ocurrencia de lluvias se recomienda dejar las plantas cerca del bordo de la terraza para evitar la pudrición o ahogamiento de las plantas.

4. Si existe material disponible, debe considerarse la estabilización de taludes de la terraza, mediante la colocación de piedras para evitar la destrucción de la obra o bien, aumentar su durabilidad.



Figura 12. Estabilización de terrazas individuales

Nota: Estas obras se evitarán en terrenos con mucha pendiente, aguas arriba de la carretera, ya que promueven la humedad en el suelo y pueden ocasionarse desprendimientos hacia el camino. Se recomienda consultar con el residente de obra previo a su construcción.

Indicadores

- σ Superficie en hectáreas, porcentaje de sobrevivencia de plantas. (Valor permisible: Mínimo 75% de sobrevivencia).

	SUELO/ FLORA / FAUNA/ PAISAJE	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
SUELO	Modificación al relieve y topografía	Moderado
FLORA	Pérdida de hábitat	Moderado
FAUNA	Fragmentación del hábitat Ahuyento por ruidos (aves)	Moderado
PAISAJE	Afectación a componentes estéticos	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **SE LIMITARÁN LAS ACTIVIDADES A LA LÍNEA DE CEROS**		

Para minimizar el impacto ambiental durante la modernización de la carretera, es fundamental realizar la delimitación adecuada de las áreas de trabajo, esto con la finalidad de evitar mayores afectaciones a las estrictamente necesarias, y disminuir al máximo la afectación a la belleza escénica.

Por tal motivo, se propone realizar la delimitación física de las siguientes áreas de trabajo:

- Delimitación de área sujeta a cambio de uso de suelo (remoción de la vegetación), para limitar al máximo la afectación del hábitat de flora y fauna silvestres.
- Marcaje de individuos sujetos a remoción, esto para evitar afectación o remoción de ejemplares que estén fuera de las superficies autorizadas.
- Delimitación de zonas de construcción de obras de drenaje para evitar y/o disminuir al máximo la contaminación por arrastre de sedimentos y azolve de cauces con materiales pétreos, así como otros residuos de construcción.
- Delimitación de franjas de amortiguamiento para la prevención de la contaminación de los cauces.
- Delimitación de áreas de excavaciones y cortes para disminuir al máximo la modificación de la topografía y afectación de la belleza escénica.

Para dichas delimitaciones se propone instalar cercos perimetrales con malla naranja, estacas, banderolas o cintas delimitadoras.

Materiales

Para dichas delimitaciones se propone instalar cercos perimetrales, así como indicadores de los siguientes materiales:

- Malla naranja
- Estacas de madera pintadas

» Mojoneras de concreto
» Banderolas
» Cintas delimitadoras



Figura 13. Ejemplos de materiales para delimitar

Se recomienda colocar señalización que indique "Área de trabajo – No traspasar".

Indicadores

Ubicación de las superficies delimitadas, tipos de materiales implementados.

	ATMÓSFERA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
ATMÓSFERA	Presencia de gases contaminantes	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **AFINACIÓN Y MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA QUE OPEREN EN LOS FRENTES DE TRABAJO**		

Se realizará el mantenimiento periódico (o rutinario) de los vehículos, maquinaria y equipo utilizado durante las distintas etapas de la obra, a fin de evitar el incremento de gases contaminantes, y a la vez, prevenir accidentes ambientales que contaminen el suelo o corrientes de agua por las que atraviesa el proyecto.

La constructora deberá de presentar la bitácora de mantenimiento de la maquinaria y vehículos que se emplearán en la ejecución del proyecto, así mismo, todos los vehículos, para transporte de personal y de materiales deberán de contar con los engomados y documentación que acrediten que se han sometido a los procesos de verificación vehicular.

El mantenimiento se realizará exclusivamente en patios de maquinaria establecidos como sitios provisionales con cubiertas o membranas impermeables que impidan la infiltración de residuos peligrosos al suelo.

En caso de realizar recargas de combustible a la maquinaria que se mantiene en obra, se realizarán únicamente en los patios de maquinaria, los cuales deberán quedar estrictamente alejados de cuerpos de agua, sin inclinación del suelo y alejados de la vegetación forestal.

Preferiblemente se utilizarán áreas o lotes cercanos a los centros de población, pero en distancias no menores a 50 metros de cualquier domicilio habitado.

Además, el patio de maquinaria deberá contar con un área destinada para realizar el almacenamiento temporal de combustibles y otros materiales utilizados para el mantenimiento, así como un área destinada para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos y de manejo especial.

Previo a cada jornada en la que se utilice ya sea el vehículo, la maquinaria o el equipo, se deberá realizar una revisión para verificar que se encuentre en condiciones de operar y detectar posibles fugas o descomposturas, motivos por los cuales podrá quedar inhabilitado(a) hasta haber reparado el problema.

Así como los vehículos y maquinaria, también se realizarán revisiones diarias de las pipas, contenedores y mangueras utilizadas para el transporte, almacenamiento y vertido de combustibles y lubricantes utilizados en obra.

Para la vigilancia de esta medida, un supervisor ambiental será responsable de revisar que:

- El mantenimiento rutinario o reparación de vehículos y maquinaria se realice en sitios provisionales con cubierta impermeable para evitar la contaminación del suelo y corrientes de agua.
- El manejo y disposición de residuos peligrosos provenientes de dicho mantenimiento.
- Vigilar y evitar el vertido o contaminación con residuos peligrosos a los cuerpos de agua y suelo.
- Ejecutar un plan de acciones emergentes en caso de accidentes que ocasionen la contaminación con residuos peligrosos.
- Vigilancia del programa rutinario de inspección de vehículos, fuentes automotoras y contenedores.

Indicadores

Frecuencia de mantenimiento, presencia de accidentes o fallas mecánicas.

	FLORA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FLORA	Afectación a especies en NOM-059 Disminución de la biodiversidad	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **PROGRAMA DE RESCATE DE FLORA**		

Con el objetivo de conservar la biodiversidad presente en el área del proyecto en relación a individuos de especies de flora que estén o no catalogadas dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se deberá llevar a cabo la elaboración de un Programa de Rescate

y Reubicación de Flora, el cual deberá ser autorizado y posteriormente ejecutado por lo menos 3 meses previos al inicio de obras y actividades del proyecto.

Dicho programa deberá contener los criterios, metodologías y procedimientos que deberán ser instrumentados, para llevar a cabo de forma correcta las acciones de rescate y reubicación de especies de flora, considerando dar cumplimiento a los siguientes objetivos:

- Identificar las especies de flora y minimizar al máximo la afectación dentro de la línea de ceros del área sujeta a cambio de uso del suelo en terrenos forestales (CUSTF) durante la ejecución del proyecto.
- Llevar a cabo la selección, rescate y reubicación de los individuos seleccionados en el área del CUSTF, que presenten una mayor importancia ecológica y que sean susceptibles de protegerse y ser conservadas.
- Proteger y conservar la riqueza, función y estructura florística del ecosistema.
- Identificar, registrar y enfocar las tareas de reubicación en aquellas especies sujetas a protección especial por parte de instrumentos nacionales (Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010) así como en aquellas especies de importancia local o regional, cuyo bienestar se vea amenazado por la realización de obras o actividades propias del proyecto.
- Preservar la integridad genética de especies de flora nativa o especies sujetas a protección ambiental, específicamente donde habrá retiro de la vegetación.
- Identificación y traslado de las especies vegetales hacia los sitios propuestos para la reubicación dentro del SAR.
- Las especies rescatadas deberán ser reubicadas a un área ecológicamente similar al área de origen que fueron extraídas con la finalidad de asegurar la sobrevivencia.
- Construcción de un espacio temporal (vivero), donde se les mantenga adecuadamente hasta el momento de su reubicación.
- Brindar capacitación a los trabajadores para realizar las actividades de rescate y reubicación de las especies de flora de importancia en el área del proyecto, además de los cuidados necesarios en el área de confinamiento temporal, que permitan la máxima supervivencia de los individuos rescatados.
- Considerar la colecta de germoplasma local de especies de interés para su propagación y posterior empleo en el Programa de Reforestación.

- Especies susceptibles a ser rescatadas
  - Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Se efectuará el rescate de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, entre éstas *Comarostaphylis discolor,* la cual fue identificada en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, específicamente en el estrato arbustivo del bosque de pino-encino.



Figura 14. ***Comarostaphylis discolor*** **especie bajo estatus de Pr en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De la misma forma, *Hesperocyparis lusitanica* se encuentra bajo estatus de protección especial en dicha norma, sin embargo, su afectación recaerá sobre individuos que forman parte de cercos vivos o bien que han sido sembrados como parte de labores de reforestación en zonas degradadas; considerando que las labores de reforestación se ejecutarán bajo un enfoque ecosistémico, dicha especie no será considerada para su introducción en los sitios sujetos a ser reforestados.

Sin embargo, los responsables de la ejecución del programa de rescate de flora deberán cerciorarse de la presencia de otras especies bajo estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y en su caso, considerarlas para el rescate y reubicación.

- Especies pertenecientes a familias importantes para la conservación de la biodiversidad.

Durante los recorridos de campo en el SAR se determinó la presencia de especies epífitas, entre las que se encuentran *Catopsis paniculata, Tillandsia dugesii, Tillandsia prodigiosa, Disocactus speciosus, Encyclia microbulbon y Trichocentrum cavendishianum,* pertenecientes a las familias Bromeliacea, Cacataceae y Orchidaceae, las cuales son de importancia para la conservación de la biodiversidad. Si bien, no se registraron individuos de estas especies en la superficie sujeta a CUSTF, se deberán llevar a cabo monitoreos para en caso de encontrar plantas epífitas o terrestres pertenecientes a estas familias botánicas, se efectúe su rescate y reubicación.



Tillandsia dugesii



Catopsis paniculata



Tillandsia prodigiosa



Bletia gracilis



Encyclia microbulbon



Disocactus speciosus

Figura 15. Especies pertenecientes a familias prioritarias para la conservación de la biodiversidad y susceptibles a rescate

» Especies con diferencias negativas en el análisis comparativo SAR-AI

Entre las especies consideradas se contemplarán a aquellas especies arbustivas y arbóreas que resultaron con mayor abundancia en el área de afectación en comparación con las que se ubican en el SAR, o bien, que no resultaron representadas en ésta última superficie, y que sean aptas y adecuadas para efectuar las labores de reforestación.

El criterio de selección de dichas especies se basa también en que presentan alto valor ecológico para el Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, y que contribuyen a la estructura arbórea de las comunidades vegetales de la región. Asimismo, que beneficien a la constitución de hábitat para especies de fauna silvestre, incluida la mariposa monarca (*Danaus plexippus*).

Tabla 4. Especies susceptibles a ser rescatadas

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Pinaceae	*Abies religiosa*
Fagaceae	*Quercus laurina*
Betulaceae	*Alnus jorullensis*
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Clethraceae	*Clethra mexicana*
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*
Solanaceae	*Cestrum anagyris*
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*
Pinaceae	*Pinus montezumae*
Pinaceae	*Pinus oocarpa*
Pinaceae	*Prunus capuli*
Fagaceae	*Quercus crassipes*
Rosaceae	*Rubus liebmannii*
Salicaceae	*Salix paradoxa*
Asteraceae	*Stevia ovata*
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*
Fagaceae	*Quercus calophylla*

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*
Fagaceae	*Quercus rugosa*
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*
Onagraceae	*Fuchsia obconica*
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*
Fabaceae	*Mimosa galeottii*
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*
Salicaceae	*Salix bonplandiana*
Symplocaceae	*Symplocos citrea*
Fabaceae	*Vachellia pennatula*

» Especies requeridas para la restauración de márgenes de cauces.

Se efectuará el rescate de especies arbóreas que tienen la capacidad de desarrollarse en sitios húmedos, con la finalidad de restaurar el suelo de los márgenes de los cauces. Asimismo, se rescatará semillas o esquejes de especies arbustivas y herbáceas con la finalidad de efectuar siembra por boleo y enriquecer de tal forma las zonas de los cauces.

Tabla 5. Especies arbóreas consideradas para su rescate y posterior empleo en revegetación de cauces.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aile
Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle
Rosaceae	*Prunus capuli*	Capulín
Salicaceae	*Salix paradoxa*	Borreguito

Tabla 6. Especies arbustivas y herbáceas consideradas para su rescate y posterior empleo en revegetación de cauces.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Asteraceae	*Ageratina adenophora*	Flor de espuma
	Ageratina glabrata	Chamisa
	Ageratina grandifolia	Raíces de serpiente
	Baccharis conferta	Escoba
Begoniaceae	*Begonia gracilis*	Ala de ángel
Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba del burro
	Salvia gesneriiflora	Mirto colorado
	Salvia helianthemifolia	Salvia
	Salvia iodantha	Campana terciopelo
Poaceae	*Muhlenbergia macroura*	Zacatón
Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea

Em caso de las semillas que serán empleadas para la revegetación por boleo, será importante conocer la época de floración, fructificación y maduración de frutos, ya que la producción de plántulas depende de la cantidad y calidad de las semillas obtenidas de los frutos colectados. Se deben seleccionar individuos sanos que estén creciendo en el sotobosque de la vegetación de bosque de pino y pino-encino, en condiciones similares a las zonas que se van a revegetar. Se pueden realizar observaciones mensuales de varios individuos adultos de las especies de interés para seleccionar los individuos semilleros a utilizar.

El conocimiento de la época de producción y maduración de frutos permite planificar los períodos de colecta para cada una de las especies; con la colecta de semillas se conservará una mayor variabilidad genética y las plantas tendrán mayor capacidad para responder a los distintos factores ambientales. La colecta de semillas debe realizarse en el pico de producción de frutos maduros, pues de esta manera se obtiene mayor cantidad de semillas, de mayor calidad y con menos esfuerzo. Los frutos deben obtenerse directamente de al menos cinco individuos adultos de cada especie, con el fin de evitar problemas de plagas y de semillas no viables. La planta madre deben estar fuertes, vigorosas y libres de plagas y enfermedades, además de estar ubicadas en los alrededores del sitio que se desea reforestar, con el fin de garantizar la adaptación a las condiciones del lugar. Para asegurar que los frutos están maduros, éstos deben soltarse o separarse fácilmente de la planta madre. En caso que las semillas se tengan que almacenar, se recomienda guardarlas ya limpias en bolsas de papel en un lugar ventilado y fresco. Si se cuenta con refrigerador se recomienda conservarlas en bolsa de papel y luego bolsa de plástico a una temperatura de 5-10 ºC, ya que bajo estas condiciones se prolonga la viabilidad considerablemente, aunque esto no funciona necesariamente para todas las especies.

- Área de confinamiento temporal de Flora Silvestre

Se establecerá un área temporal acondicionada como vivero, la cual está diseñada para el manejo, mantenimiento, propagación, aclimatación, seguimiento y monitoreo, almacenamiento temporal de los ejemplares de flora silvestre previamente rescatados; así como apoyo al programa de reforestación y revegetación con especies nativas, como compensación de las áreas afectadas por la construcción.

En este sitio se mantendrán las plantas hasta que obtengan las adaptaciones y fortaleza necesarias para garantizar su posterior sobrevivencia en el medio silvestre.

Entre las actividades de mantenimiento de las especies se incluyen actividades como la irrigación, fertilización, poda, atención del estado fitosanitario de las especies antes de su reubicación.

- Ubicación de las áreas destinadas a la reubicación

Una parte sustancial para obtener un sitio de reintroducción lo constituye el manejo del hábitat, para lo cual debe haber una estrecha colaboración entre las autoridades responsables del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec y el personal encargado de la realización de las acciones previstas en el Programa de Rescate de Flora, además de los técnicos y responsables de la ejecución de la obra, con el fin de determinar las áreas destinadas a la reubicación, incluir métodos de conservación de las porciones de terreno seleccionadas y asegurar la viabilidad de las poblaciones a reintroducir o reubicar, estableciendo medidas de mantenimiento, restauración y recuperación de hábitat en cada sitio de reubicación.

Para la reubicación de especies de importancia para la biodiversidad, se deberá contar con un mapa de vegetación, topografía, clima e hidrología de la zona, o del Sistema Ambiental Regional, y del trazo del proyecto, para que de esta forma se haga una proyección de los lugares que sean candidatos para reintroducir las especies, tomando en consideración que deberán ser fragmentos con vegetación conservada, o bien donde se encuentren ejemplares de la misma familia botánica, en zonas dentro de la poligonal del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

El total de plantas rescatadas se distribuirá en el mayor número de sitios posibles, evitando colocar todos los ejemplares en un mismo sitio, y así tratar de conservar la densidad natural de la zona. El número de sitios dependerá de la cantidad de ejemplares a reintroducir y de la disposición de sitios. Es importante conocer el tipo de tenencia de la tierra donde se ubicarán, para evitar conflictos con los propietarios o ejidatarios, se recomienda concertar una cita con los propietarios para explicar los alcances y las metas del plan de rescate y pedir la autorización de éstos para que los ejemplares queden ubicados en sus propiedades y hacer conciencia de la importancia de la actividad y se respete las plantas en los sitios seleccionados.

De acuerdo a la naturaleza, características y necesidades de las especies rescatadas, la reubicación podrá ser inmediata en ciertos casos, mientras habrá otras que deberán ser trasladadas al albergue temporal antes de su reubicación.

Estas decisiones deberán ser tomadas en función de las especies que se traten, y a consideración del responsable de la ejecución del Programa.

- **Monitoreo de especies reubicadas**

El monitoreo tiene como finalidad evaluar a corto y mediano plazo el éxito de la reubicación y la eficacia de las técnicas empleadas, así como realizar acciones como riegos emergentes, el control de malezas, plagas o enfermedades, o inclusive la sustitución de individuos muertos para garantizar una sobrevivencia mínima del 80%.

Esta actividad se realizará en tres etapas:

- **Monitoreo periódico:** A partir de 15 días de realizar la reubicación se realizarán revisiones periódicas cada 15 días durante los primeros seis (6) meses hasta alcanzar su adaptación.
- **Monitoreo mensual:** A partir de los primeros seis meses de sobrevivencia se espaciarán las revisiones a una por mes hasta alcanzar el primer año del establecimiento de la vegetación.
- **Monitoreo semestral:** este se realizará una vez cada seis meses hasta alcanzar 5 años de haberse establecido la vegetación, y asegurándose que la vegetación ya se encuentre bien adaptada al medio.

Indicadores

Número de individuos de especies rescatadas: Se deberá rescatar el 100% de individuos de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como el 100% de individuos pertenecientes a familias importantes para la conservación de la biodiversidad.
Número de plántulas, frutos o semillas: Se deberá obtener el germoplasma para la obtención de aproximadamente 503,897 individuos de las especies arbóreas y arbustivas que serán empleadas para las labores de reforestación.

Porcentaje de sobrevivencia de ejemplares: Se deberá garantizar una sobrevivencia mínima del 80%.

	FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Afectación a especies en NOM-059 Muerte de individuos Ahuyento por ruidos (aves)	Moderado Moderado Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **PROGRAMA DE RESCATE DE FAUNA**		

Se deberá presentar un programa de rescate de fauna dirigido a las especies de los vertebrados que se encuentran en el área de afectación del proyecto, la implementación de dicho programa deberá ser realizada por biólogos capacitados en el correcto manejo de la fauna silvestre.
El rescate de los organismos se realizará previo al inicio de las actividades de desmonte y despalme en los frentes de trabajo que presente la obra.

El programa deberá tener como objetivos:

Determinar cuáles son las especies susceptibles de ser rescatadas

Describir las técnicas y metodologías para realizar el rescate y reubicación de especies de lento desplazamiento.

Determinar las acciones necesarias para llevar a cabo el ahuyentamiento

Los individuos rescatados serán reubicados en sitios idóneos y sin perturbaciones antrópicas buscando que estos sitios cuenten con las condiciones más parecidas a los sitios donde se rescató al individuo, para ello, se deberán considerar los siguientes aspectos:

La reubicación se deberá realizar dentro de las primeras 25 horas en las que los organismos se hayan capturado.

Los sitios seleccionados deberán cumplir con los requerimientos de las especies rescatadas.

Previo al inicio de las actividades también se deberá realizar el ahuyentamiento de las especies que se encuentren en el área donde se realizarán las actividades del proyecto, este deberá estar dirigido a especies que presentan un ámbito hogareño muy amplio, así como un rápido desplazamiento, como es el caso de las aves y los mamíferos grandes y medianos.
Para esta actividad se pueden emplear las siguientes técnicas:

- Estímulo visual
- Estimulo sonoro

Las especies registradas que deberán ser consideradas en las actividades de ahuyentamiento son 66 especies, de las cuales 62 son aves y 4 mamíferos.

Tabla 7. Especies que deberán ser ahuyentadas previo al inicio de las actividades

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Aves	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper	Pr	No endémica
	Buteo jamaicensis	Aguililla cola roja	Sc	No endémica
	Psaltriparus minimus	Sastrecillo	Sc	No endémica
	Pheucticus melanocephalus	Picogordo tigrillo	Sc	Semiendémica
	Piranga flava	Piranga encinera	Sc	No endémica
	Cathartes aura	Zopilote aura	Sc	No endémica
	Certhia americana	Trepadorcito americano	Sc	No endémica
	Streptopelia decaocto	Paloma de collar turca	Sc	Exótica
	Corvus corax	Cuervo común	Sc	No endémica
	Cyanocitta stelleri	Chara copetona	Sc	No endémica
	Falco sparverius	Cernícalo americano	Sc	No endémica
	Haemorhous mexicanus	Pinzón mexicano	Sc	No endémica
	Loxia curvirostra	Picotuerto rojo	Sc	No endémica
	Spinus notatus	Jilguerito encapuchado	Sc	No endémica
	Spinus psaltria	Jilguerito dominico	Sc	No endémica
	Lepidocolaptes leucogaster	Trepatroncos mexicano	Sc	Endémica
	Toxostoma curvirostre	Cuicacoche pico curvo	Sc	No endémica
	Basileuterus belli	Chipe cejas doradas	Sc	No endémica
	Basileuterus rufifrons	Chipe gorra canela común	Sc	Cuasiéndemica
	Cardellina pusilla	Chipe corona negra	Sc	No endémica
	Cardellina rubra	Chipe rojo	Sc	Endémica
	Geothlypis tolmiei	Chipe lores negros	A	No endémica
	Leiothlypis celata	Chipe oliváceo	Sc	No endémica
	Myioborus miniatus	Pavito alas negras	Sc	No endémica
	Oreothlypis superciliosa	Chipe cejas blancas	Sc	No endémica
	Setophaga coronata	Chipe rabadilla amarilla	Sc	No endémica
	Setophaga graciae	Chipie cejas amarillas	Sc	No endémica
	Setophaga nigrescens	Chipe negrogris	Sc	Semiendémica
	Setophaga occidentalis	Chipe cabeza amarilla	Sc	No endémica
	Setophaga townsendi	Chipe de Townsend	Sc	No endémica
	Arremon virenticeps	Rascador cejas verdes	Sc	Endémica

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
	Atlapetes pileatus	Rascador gorra canela	Sc	Endémica
	Junco phaeonotus	Junco ojos de lumbre	Sc	No endémica
	Melospiza lincolnii	Gorrión de Lincoln	Sc	No endémica
	Melospiza melodia	Gorrión cantor	Sc	No endémica
	Melozone fusca	Rascador viejita	Sc	No endémica
	Oriturus superciliosus	Zacatonero serrano	Sc	Endémica
	Pipilo maculatus	Rascador moteado	Sc	No endémica
	Passer domesticus	Gorrión doméstico	Sc	Exótica
	Peucedramus taeniatus	Ocotero enmascarado	Sc	No endémica
	Leuconotopicus villosus	Carpintero albinegro mayor	Sc	No endémica
	Melanerpes formicivorus	Carpintero bellotero	Sc	No endémica
	Ptiliogonys cinereus	Capulinero gris	Sc	Cuasiéndemica
	Corthylio calendula	Reyezuelo matraquita	Sc	No endémica
	Pachyramphus aglaiae	Cabezón degollado	Sc	No endémica
	Basilinna leucotis	Colibrí orejas blancas	Sc	No endémica
	Eugenes fulgens	Colibrí magnífico	Sc	No endémica
	Lampornis clemenciae	Colibrí garganta azul	Sc	Semiendémica
	Campylorhynchus megalopterus	Matraca barrada	Sc	Endémica
	Troglodytes aedon	Saltapared común	Sc	No endémica
	Myadestes occidentalis	Clarín jilguero	Pr	No endémica
	Sialia mexicana	Azulejo garganta azul	Sc	No endémica
	Sialia sialis	Azulejo garganta canela	Sc	No endémica
	Turdus assimilis	Mirlo garganta blanca	Sc	No endémica
	Turdus migratorius	Mirlo primavera	Sc	No endémica
	Contopus pertinax	Papamoscas José María	Sc	No endémica
	Contopus sordidulus	Papamoscas del oeste	Sc	No endémica
	Empidonax fulvifrons	Papamoscas pecho canela	Sc	No endémica
	Empidonax hammondii	Papamoscas de Hammond	Sc	No endémica
	Mitrephanes phaeocercus	Papamoscas copetón	Sc	No endémica
	Pyrocephalus rubinus	Papamoscas cardenalito	Sc	No endémica

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
	Vireo plumbeus	Vireo plomizo	Sc	No endémica
Mamíferos	*Lynx rufus*	Gato montés	Sc	No endémica
	Canis latrans	Coyote	Sc	No endémica
	Urocyon cinereoargenteus	Zorra gris	Sc	No endémica
	Procyon lotor	Mapache	Sc	No endémica

Técnicas para la captura y manejo de las especies a rescatar

- Anfibios y reptiles

El rescate de las especies de anfibios y reptiles deberá ser realizado por un herpetólogo, de esta manera se asegurará un correcto manejo de los ejemplares, además de una correcta identificación.

La captura de los anfibios se podrá realizar directamente con la mano, siempre utilizando guantes de látex.



Figura 16. Captura de anfibios usando guantes de látex.

En el caso de los reptiles, para lagartijas la captura de igual forma puede ser directamente con la mano o con ayuda de una liga para aturdir a los organismos y poder atraparlos, mientras que para las serpientes los encargados de realizar el rescate deberán contar con ganchos herpetológicos.



Figura 17. Captura de serpientes con gancho herpetológico.

- Mamíferos pequeños y medianos

El rescate de las especies de mamíferos medianos será mediante la colocación de trampas Tomahawk, mientras que para los mamíferos pequeños se deberán emplear trampas Sherman.



Figura 18. Captura de mamíferos medianos con trampa Tomahawk y colocación de trampas Sherman.

En la siguiente tabla se muestran las especies que se deberán considerar en el programa de rescate debido a que estas fueron registradas en el trabajo de campo de la presente MIA; de las 86 especies registradas, 20 son susceptibles de ser rescatadas, siendo los reptiles el grupo con más especies a rescatar, seguido de los anfibios y mamíferos.

Tabla 8. Especies susceptibles de ser recatada.

Grupo	Especie	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Distribución
Anfibios	*Ambystoma rivulare*	Ajolote arroyero de Toluca	A	Endémica
	Pseudoeurycea leprosa	Tlaconete dorado	A	Endémica
	Craugastor pygmaeus	Rana ladradora pigmea	Sc	No endémica
	Dryophytes eximius	Rana de árbol de montaña	Sc	Endémica
	Lithobates montezumae	Rana leopardo de Moctezuma	Pr	Endémica
Reptiles	*Sceloporus aeneus*	Lagartija espinosa llanera	Sc	Endémica
	Sceloporus bicanthalis	Lagartija espinosa transvolcánica	Sc	Endémica
	Sceloporus grammicus	Lagartija espinosa de mezquite	Pr	No endémica
	Sceloporus torquatus	Lagartija espinosa de collar	Sc	Endémica
	Conopsis biserialis	Culebra terrestre dos líneas	A	Endémica
	Storeria storerioides	Culebra parda mexicana	Sc	Endémica
	Tantilla deppei	Culebrita de collar de Deppe	A	Endémica
	Thamnophis scalaris	Culebra listonada de montaña cola larga	A	Endémica
	Thamnophis scaliger	Culebra listonada de montaña cola corta	A	Endémica
	Crotalus triseriatus	Cascabel transvolcánica	Sc	Endémica
Mamíferos	*Dasypus novemcinctus*	Armadillo	Sc	No endémica
	Didelphis virginiana	Tlacuache	Sc	No endémica
	Sciurus aureogaster	Ardilla vientre rojo	Sc	No endémica
	Otospermophilus variegatus	Ardillón de rocas	Sc	No endémica
	Sylvilagus cunicularius	Conejo de monte	Sc	Endémica

El programa de rescate de fauna deberá contener las medidas necesarias para garantizar la sobrevivencia de los organismos rescatados.

Indicadores

Número de organismos rescatados por especie: El porcentaje de los organismos rescatados deberá ser mayor o igual al 90% de los organismos vistos.

Porcentaje de sobrevivencia: El porcentaje de sobrevivencia de organismos rescatados y liberados deberá ser igual o mayor al 95%.

Efectividad de ahuyentamiento: El número de especies ahuyentadas deberá ser mayor durante el desmonte y despalme que durante la construcción.

	FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Afectación a especies en NOM-059 Muerte de individuos	Moderado Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **MONITOREO DE MARIPOSA MONARCA**		

En el área que comprende el SAR se han registrado sitios de hibernación de mariposa monarca en las localidades de San Francisco Oxtotilpan, en el Ejido San Mateo Almomoloa y San Antonio Albarranes en el Municipio de Temascaltepec. Debido a esto se deberá llevar a cabo un monitoreo abarcando los meses de noviembre a marzo, periodo en el que se encuentran las colonias de hibernación, esto con la finalidad de poder identificar aquellas áreas en las que el proyecto cruce zonas críticas con presencia de mariposa monarca y en las que se deberá colocar señalética informativa.

Los objetivos del monitoreo serán:

Determinar la presencia de la mariposa en el área del proyecto

Identificar cuáles son los sitios que presentan mayor presencia

El monitoreo se dividirá en dos, el primero por la mañana a partir de las 9:00 a.m. cuando comienza aumentar la temperatura y las mariposas comiencen a moverse, y el segundo por la tarde a partir de las 4:00 pm para poder observar a las mariposas cuando regresen a sus colonias para descansar.

Se deberán realizarán observaciones durante el día para conocer y determinar si estas se desplazan hacia zonas de alimentación en el área de influencia o en busca del recurso hídrico, lo que genere el cruce de las mariposas por la carretera.

Para el registro de las mariposas se tomarán los siguientes datos:

Nombre del sitio o localidad: _____Fecha_____

Coordenadas UTM: _____

Tipo de vegetación: _____

Actividad:

a) Volando b) Alimentándose c) perchada d) tomando agua

No. aproximado de mariposas: _____

Especie en la que perchan: _____

Especie de la que se alimenta: _____

Cadenamiento de referencia: _____Distancia a la carretera_____

Con la información obtenida se podrá determinar cuáles son los sitios críticos por los que la mariposa cruza el proyecto. De igual forma el monitoreo permitirá identificar aquellos sitios en los que es necesario colocar señalética para informar a los usuarios que en los meses de noviembre a marzo se encuentran las monarca en el SAR, por lo que deberán reducir la velocidad en dichas zonas.

VI.5.1.4 Medidas de Compensación

	FLORA / FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FLORA	Disminución en la cobertura vegetal Disminución de la biodiversidad Pérdida de hábitat	Severo Moderado Moderado
FAUNA	Aumento en la fragmentación del hábitat Afectación a especies en NOM-059-SEMARNAT-2010 Reducción de percha (aves y lepidópteros)	Moderado Moderado Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: PROGRAMA DE REFORESTACIÓN		

Esta medida de mitigación se alinea con el Programa Nacional de Restauración Ambiental 2025-2030, en el sentido de que con las acciones propuestas se promoverá un proceso de restauración de la vegetación, buscando la recuperación de ecosistemas degradados, así como de la cobertura vegetal que permite tener una mayor captura de carbono, contribuyendo al mismo tiempo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En dicho sentido, la reforestación es la técnica más empleada para acelerar el proceso de recuperación de las comunidades vegetales a través del establecimiento de ejemplares obtenidos del rescate y propagación en sitios de confinamiento de flora silvestre, promoviendo la rápida revegetación de áreas degradadas.

Para la implementación del proyecto se afectará una superficie de 76.34 hectáreas de vegetación forestal, por lo que se deberá elaborar y ejecutar un programa de reforestación mediante el cual se compense la afectación derivada de CUSTF en una proporción 5 a 1. De acuerdo a ello, se efectuará la reforestación de **381.7 hectáreas.**

El programa de reforestación deberá especificar las técnicas necesarias para llevar a cabo la reforestación de manera exitosa, las especies deberán ser nativas (provenientes del rescate de flora silvestre), el éxito de sobrevivencia deberá ser del 85% como mínimo, y se deberán establecer los criterios a seguir durante la plantación y el manejo de las especies.

- **Ubicación de las superficies en las que se efectuarán labores de reforestación**

En México es muy común que la reforestación se intente en terrenos completamente degradados, en general por uso agrícola y por haber soportado el sobrepastoreo o una explotación forestal sin manejo adecuado. La mayoría de los terrenos no presentan

características adecuadas para la reforestación con especies leñosas por tener escaso suelo y una textura inadecuada, además de sufrir agudos procesos erosivos.

Para reforestar se deberá tomar en cuenta estrategias de restauración que permitan, en pasos sucesivos, recuperar las características mínimas necesarias para que en ellos se puedan establecer especies leñosas (Arriaga et al., 1994).

En dicho contexto, el área que se elija para reforestar debe reunir características ambientales mínimas que aseguren la viabilidad del trabajo; las características ambientales mínimas para llevar a cabo la reforestación son:

- Áreas en las cuales la sucesión forestal se encuentren al menos en estado secundario, nunca en primario, ya que solo de este modo se podrán realizar las siembras con posibilidades de sobrevivencia.
- Sitios en los que el grado de deterioro de la vegetación requiera labores de reforestación.
- Áreas en las cuales la reforestación tiene una función ecológica tal como contribuir a la conexión de fragmentos, control de la erosión, captación de agua, etc.
- Las zonas elegidas corresponden a la misma vegetación a la observada en los sitios de rescate de especies con fines de reforestación.
- La elección de especies para ejecutar la reforestación, es su dominancia como forma de vida en la zona de estudio y porque los sitios elegidos presentan una deficiencia de estas plantas ya que las actividades humanas las han eliminado.
- Otra de las causas es que estas plantas serán las formas de vida más afectadas por la apertura de las obras en cuestión, sin olvidar que su biología les permitirá sobrevivir al trasplante.

En dicho sentido, se deberá corroborar que los polígonos propuestos presenten los requerimientos en las características ambientales antes mencionadas.

A manera de propuesta, a continuación se presentan dos polígonos de reforestación que suman 100 hectáreas y se ubican en la poligonal del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, dado que la vegetación que ahí se desarrolla brinda una cantidad importante de servicios ambientales, entre ellos, es estratégica para garantizar la permanencia de las zonas de captación de agua y dotar de este vital líquido no solamente a los habitantes del Área, sino también y de manera importante a las poblaciones del Valle de México y Toluca a través del Sistema Cutzamala. Sin embargo, en dicha área protegida, una superficie importante ha sido afectada por incendios, desmontes con fines agropecuarios, expansión agrícola, plagas, y otras formas de uso de suelo, por lo que al efectuar las labores de reforestación se estaría favoreciendo la recuperación de la cobertura vegetal, reduciendo la degradación del terreno y vinculando el proyecto con el objetivo de dicha ANP, y que refiere a la preservación mediante la restauración y conservación de los ecosistemas y biodiversidad presentes.

El resto de la superficie de reforestación se propone en polígonos ubicados en el APFF Nevado de Toluca, (281.7 hectáreas), en sitios en donde la Dirección de dicha ANP ha efectuado el diagnostico de las áreas con cobertura forestal semidensa y degradadas y su grado de afectación, y que por tanto, presentan necesidades de reforestación.

En las siguientes imágenes se muestra la condición de los polígonos forestales sujetos a reforestación en el APRN Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec; en las figuras 20 y figura 21 se muestra que en dicha superficie la vegetación está degradada y en estado secundario, por lo cual tienen necesidades de enriquecimiento con especies nativas de la región, lo cual favorecería la conexión con áreas que albergan vegetación en mejor estado de conservación, fungirían como corredores biológicos y coadyuvaría a disminuir los procesos erosivos.

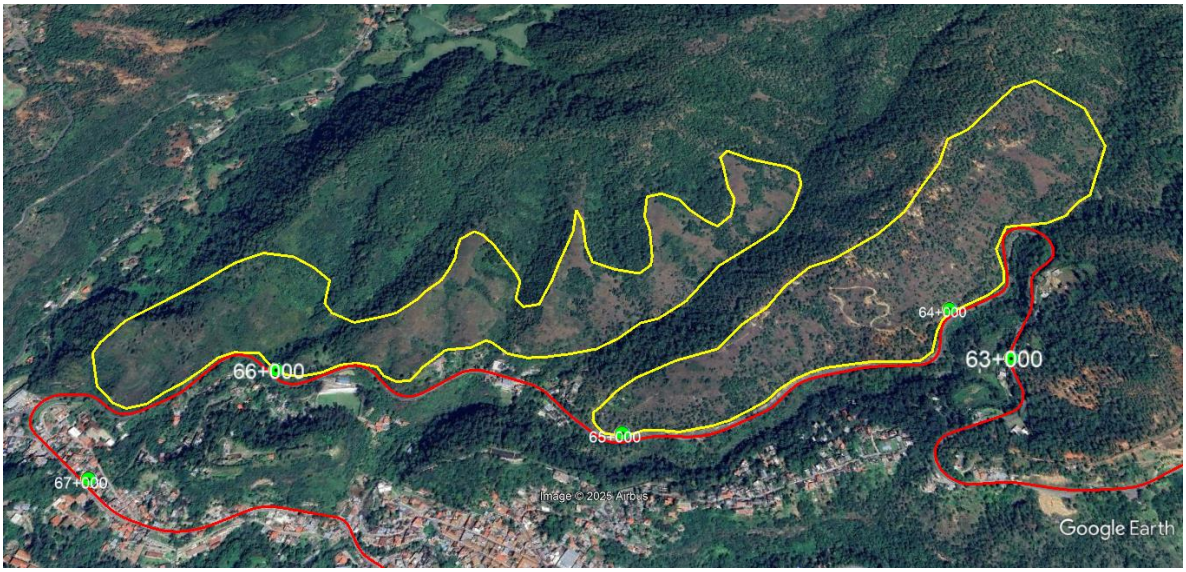


Figura 19. Poligonos susceptibles a ser reforestados en las colindancias de los cadenamientos 63+000 al 66+500



Figura 20. Vegetación secundaria con necesidades reforestación



Figura 21. Vista aérea de los sitios susceptibles de ser reforestados

De la misma forma, en la siguiente figura se muestran los poligonos propuestos en el APFF Nevado de Toluca, mismos que suman 281.7 hectáreas y por ende, en conjunto con los polígonos mencionados en páginas anteriores, se obtiene una superficie de reforestación de 381.7 ha.

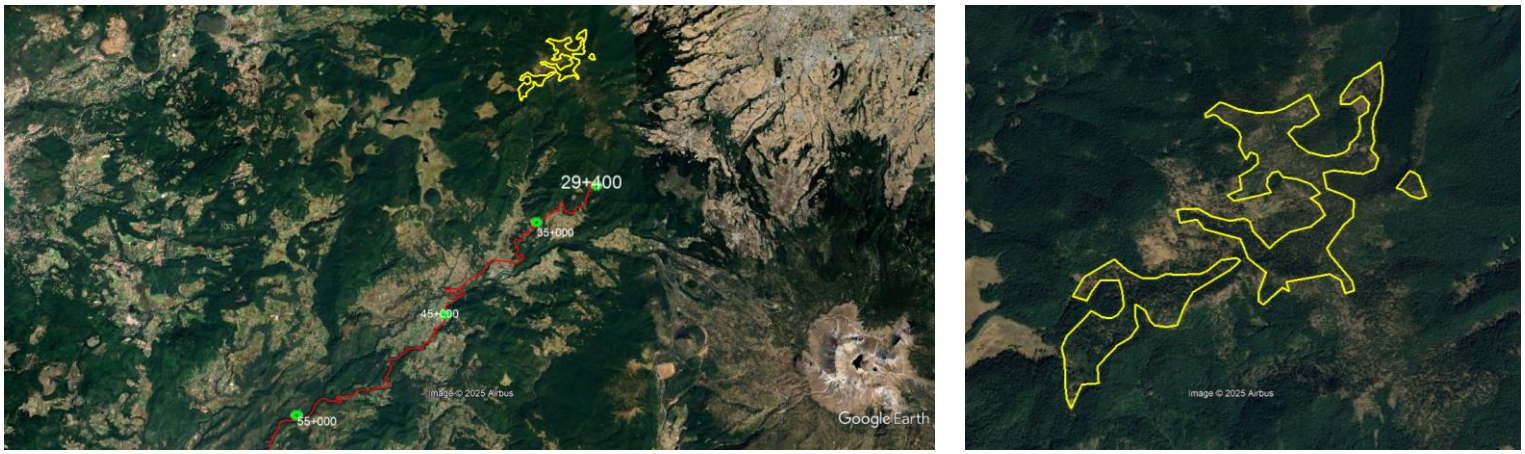


Figura 22. Polígonos de reforestación en el APFF Nevado de Toluca

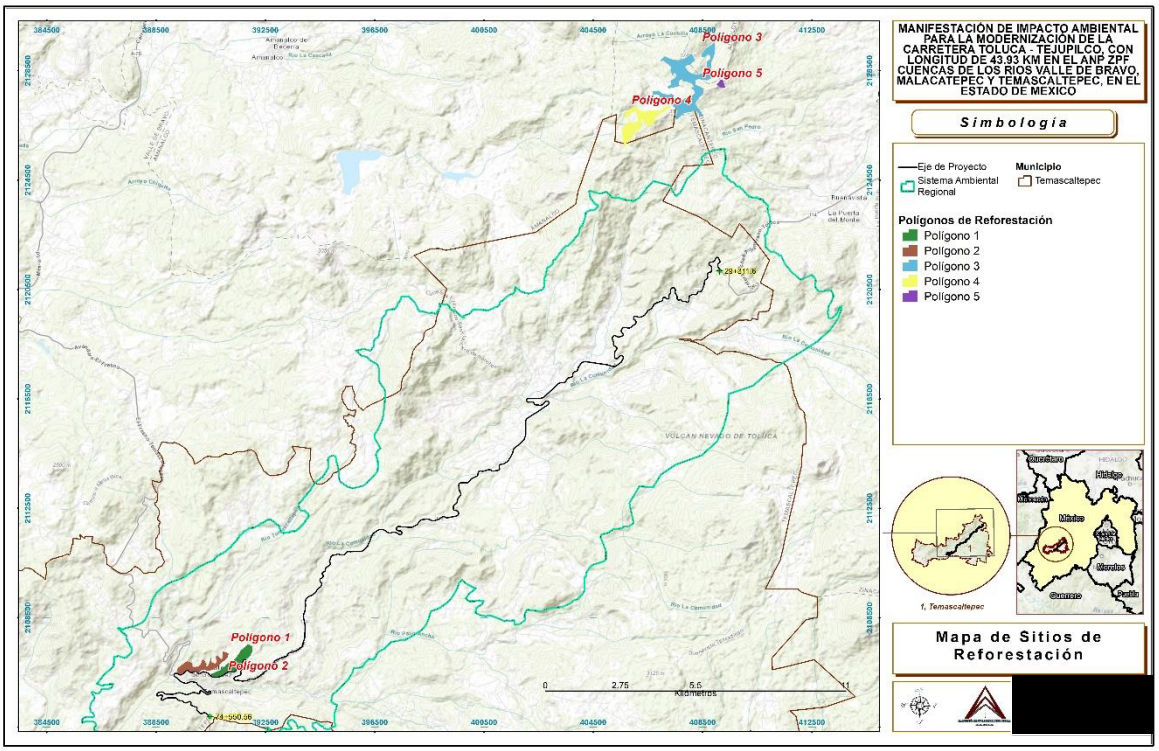


Figura 23. Polígonos propuestos para la Reforestación de 381.7 ha

Sin embargo, los polígonos definitivos deberán ser seleccionados en conjunto con la Dirección de ambas Áreas Naturales Protegidas, derivado de un análisis profundo que incluya los criterios antes mencionados, así como el conocimiento del personal de dicha ANP respecto a áreas con necesidad de reforestación, que presenten coberturas degradadas o algún grado de afectación, o bien que hayan sido sujetas a incendios forestales o plagas, además donde la tenencia de la tierra permita la ejecución de dichas actividades. De tal forma, antes del inicio de las actividades contempladas en dicho programa, se deberá firmar un convenio de colaboración entre el promovente, la Dirección del ANP y el/ los propietarios del predio seleccionado.

- **Especies empleadas para la reforestación**

Las especies seleccionadas para las labores de reforestación serán especies nativas, considerando un enfoque ecosistémico; el reconocer aspectos estructurales y funcionales del ecosistema es prioritario para aumentar las posibilidades de éxito de una reforestación, por esta razón no se deben anteponer prejuicios que conduzcan a elegir o desechar anticipadamente a las especies, sino que se debe hacer de acuerdo a los siguientes criterios:

- Seleccionar especies nativas
- Resistentes a condiciones limitantes, como baja fertilidad, sequía, suelos compactados, suelos inundables, pH alto o bajo, salinidad, etcétera.
- Tener crecimiento rápido y buena producción de materia orgánica.
- Nula tendencia a adquirir una propagación de maleza invasora, incontrolable.
- Que tiendan a favorecer el restablecimiento de las poblaciones de elementos de la flora nativa

- σ Especies de alto valor ecológico y que contribuyan a restablecer la estructura arbórea de las comunidades vegetales de la región.

Con base en lo anterior y a la superficie que se plantea reforestar, se propone utilizar plántulas obtenidas a través de la propagación por semillas, acodos o estacas, colectadas en los sitios de afectación en los que se realizará el rescate de flora; de no alcanzar el número de plantas requeridas para la reforestación, se deberán conseguir ejemplares en viveros cercanos al proyecto, con la finalidad de facilitar el traslado de plantas y la aclimatación de las mismas, de lo contrario se podría generar la muerte de individuos por condiciones contrastantes.

Tabla 9. Especies consideradas para las labores de reforestación.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO
Pinaceae	*Abies religiosa*
Fagaceae	*Quercus laurina*
Betulaceae	*Alnus jorullensis*
Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*
Clethraceae	*Clethra mexicana*
Asteraceae	*Ageratina grandifolia*
Solanaceae	*Cestrum anagyris*
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor*
Onagraceae	*Fuchsia encliandra*
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri*
Pinaceae	*Pinus montezumae*
Pinaceae	*Pinus oocarpa*
Pinaceae	*Prunus capuli*
Fagaceae	*Quercus crassipes*
Rosaceae	*Rubus liebmannii*
Salicaceae	*Salix paradoxa*
Asteraceae	*Stevia ovata*
Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*
Fagaceae	*Quercus calophylla*
Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*
Fagaceae	*Quercus rugosa*
Ericaceae	*Comarostaphylis polifolia*
Onagraceae	*Fuchsia obconica*
Cupressaceae	*Juniperus deppeana*
Fabaceae	*Mimosa galeottii*
Arecaceae	*Oreopanax xalapensis*
Salicaceae	*Salix bonplandiana*
Symplocaceae	*Symplocos citrea*
Fabaceae	*Vachellia pennatula*

- **Densidad de reforestación**

Basándose en el acuerdo mediante el cual se expiden los costos de referencia para la compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación publicado en el Diario Oficial de la Federación (2023), en el cual se determina que al considerar las características de la vegetación de los ecosistemas templados, la densidad óptima de reforestación es de 1,100 individuos por hectárea. para las actividades que se plantean en el programa de reforestación se requerirán 419,914 individuos, considerando además un 20% adicional para reposición de plantas muertas (83,983 individuos) para un total de **503,897 individuos.**

El diseño de la plantación se efectuará en 3 bolillo, el cual consiste en establecer la planta formando triángulos equiláteros: la distancia entre hileras y filas es la misma; sólo se alterna la proyección del espacio en cada fila subsecuente. Este diseño de plantación se puede realizar en terrenos planos o con pendientes poco pronunciadas.

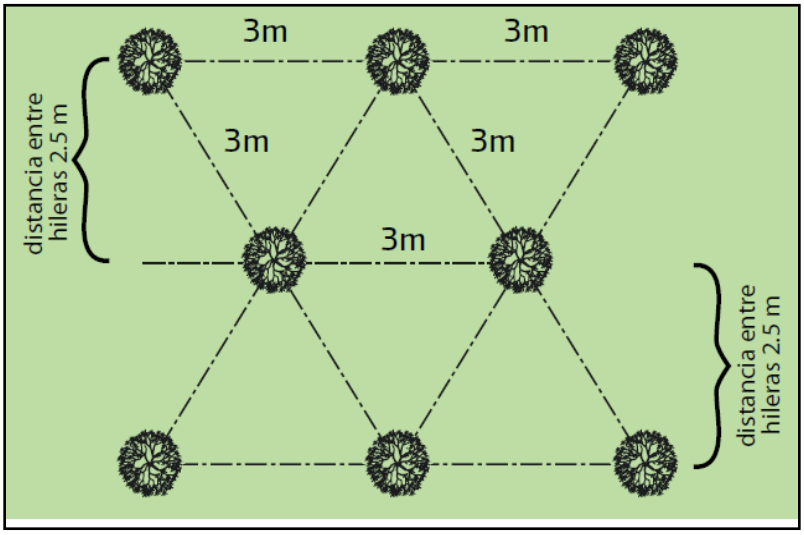


Figura 24. Diseño de plantación en tres bolillo.

- **Adquisición de la planta**

Las plantas que se emplearán para las labores de reforestación pueden provenir de los siguientes medios:

- Colecta de germoplasma efectuado durante las labores de rescate de flora silvestre.
- Plántulas rescatadas de la superficie de afectación.
- Distribuidores comerciales de la región o centros de semillas.
- Servicios forestales.
- Instituciones de investigación.

- **Monitoreo de la plantación**

El monitoreo tendrá como finalidad evaluar a corto y mediano plazo el éxito de la plantación y la eficacia de las técnicas empleadas, además de realizar acciones como riegos emergentes, el control de malezas, plagas o enfermedades, o inclusive la sustitución de individuos muertos para garantizar una sobrevivencia mínima del 85%.

Esta actividad se realizará en tres etapas:

- **Monitoreo periódico:** A partir de 15 días de realizar la plantación se realizarán revisiones periódicas cada 15 días durante los primeros seis (6) meses hasta alcanzar su adaptación.
- **Monitoreo mensual:** A partir de los primeros seis meses de sobrevivencia se espaciarán las revisiones a una por mes hasta alcanzar el primer año del establecimiento de la plantación.
- **Monitoreo semestral:** este se realizará una vez cada seis meses hasta alcanzar 5 años de haberse establecido la vegetación, o bien, hasta justificar a la Autoridad que la vegetación ya se encuentre bien adaptada al medio.

Indicadores

Porcentaje de sobrevivencia en áreas reforestadas: Se deberá garantizar una sobrevivencia mínima del 85%.

	PAISAJE	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
PAISAJE	Ampliación en la modificación del paisaje	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **LIMPIEZA DEL DERECHO DE VÍA DE LA CARRETERA Y DE LAS OBRAS DE DRENAJE ASOCIADAS**		

Actualmente se observa una importante cantidad de residuos sólidos urbanos en las colindancias de la carretera en operación. Por lo que al finalizar las labores de construcción del proyecto y durante la etapa de Abandono del Sitio, se deberá de realizar la limpieza a lo largo de todo el trazo en la superficie correspondiente al Derecho de Vía, así como de las obras de drenaje asociadas; esta limpieza se concentrará en:

- Residuos Sólidos Urbanos (basura)
- Residuos de vegetales
- Residuos de material terrígeno y rocoso
- Y Residuos Peligrosos y de Manejo Especial

Los residuos serán recolectados y dispuestos de acuerdo a las características de cada uno, siendo que la basura será separada y dispuesta en tiraderos o rellenos sanitarios autorizados, lo mismo para los residuos vegetales, por su parte los residuos de material de tierra y piedra,

serán dispuestos en bancos o tiraderos autorizados. Por último, los residuos peligrosos o de manejo especial que se recolecten, serán entregados a la empresa contratada para dar el manejo y disposición final a estos, siendo que dicha empresa deberá de presentar su acreditación para la realización de dicha actividad.

Esta limpieza final, no exime por ningún motivo, que el manejo de estos recursos no se realice adecuadamente durante las demás etapas constructivas del proyecto, su manejo adecuado deberá de ser durante todos los periodos que represente la ampliación del camino y que exista la presencia de personal en el sitio. La finalidad de esta limpieza final, es la de la recolección de aquellos residuos que se encontraban en el derecho de vía de la carretera previo a la ejecución de los trabajos, ello como medida compensatoria a la construcción de la obra, además de la recolección de aquellos residuos que hayan sido mal dispuestos por negligencias o emergencias, buscando dejar el sitio en condiciones mejores a las que fue encontrado.

Indicadores

Periodicidad de limpieza del derecho de vía: Se deberá llevar a cabo la limpieza en el derecho de vía con una periodicidad mínima de 6 meses.

	FLORA / FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FLORA	Disminución en la cobertura vegetal Disminución de la biodiversidad Pérdida de hábitat	Moderado Moderado Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **ACCIONES DE SANIDAD FORESTAL**		

De acuerdo a información proporcionada por la CONAFOR (Gerencia Estatal del Estado de México), para el periodo 2014 – 2018 en los municipios que conforman el ANP, se tiene detectada la incidencia de plagas, mayormente de los descortezadores: *Dendroctonus mexicanus, D. adjunctus, D. frontallis, D. parallelocollis; Phloeosinus baumanni y Scolytus mundus*.

Los insectos descortezadores son una plaga de importancia que afecta anualmente superficies y volúmenes considerables de vegetación de pino en el país, causando la pérdida de cobertura vegetal, alterando los ecosistemas, afectando la fijación de carbono y disminuyendo la captación de agua. Con base en información registrada durante el 2015 y enero de 2016, para la "Alerta temprana y Evaluación de Riesgos para Insectos Descortezadores", se determinó que el Estado de México presenta un riesgo alto (CONAFOR, 2016).

En el periodo 2014 – 2018 en los municipios que conforman el ANP Se registró una superficie total afectada de 324.5 ha, con un volumen de arbolado afectado de 13,892.96 m^3.

En dicho contexto, como medida compensatoria se efectuarán acciones de saneamiento en una superficie de **76.34 hectáreas**, en sitios en donde la Dirección del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec tenga conocimiento de dicho problema, y en donde determine la importancia de efectuar dichas prácticas con la finalidad de promover la conservación de los bosques del área protegida, que

actualmente se encuentran afectados por la presencia de descortezadores que generan muerte de arbolado y afectación al ecosistema.

El control de estos insectos está regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-019 SEMARNAT 2006 (Diario Oficial de la Federación 23 de julio de 2008), en esta norma se establecen los lineamientos generales para el tratamiento de infestaciones de especies de los géneros: *Dendroctonus, Ips, Pityophthorus y Phloeosinus* para especies de pino.

MÉTODOS FÍSICO-MECÁNICOS

Derribo, troceo y descortezado

En este método se hace lo siguiente: derribo, seccionado o troceo del fuste, descortezado total de trozas, tocón y de ramas, control de residuos con la quema o entierro de toda la corteza y ramas infestadas.

Derribo y extracción inmediata

Derribo y extracción inmediata del arbolado, el fuste infestado debe ser extraído de los terrenos forestales y ser llevado fuera, a otro tipo de vegetación. Este método solo es para aquellas especies de *Dendroctonus* que tienen una generación al año, en esta categoría se incluyen *Dendroctonus adjunctus* y *D. pseudotsugae.*

Derribo y abandono

Consiste en derribo y abandono del arbolado. Solo se justifica para el control de *Dendroctonus adjunctus*.

MÉTODOS QUÍMICOS

Consiste en la remoción y destrucción de los insectos plaga a través de actividades manuales y mecánicas, así como de la aplicación de químicos.

Derribo, troceo y aplicación de químicos

Consiste en el derribo, seccionado, troceo y asperjado del fuste, y también de las ramas con un insecticida registrado ante la autoridad competente para este fin.

Está recomendado para todos los géneros de insectos descortezadores: *Dendroctonus, Ips, Scolytus, Hylesinus, Pityophthorus, Phloeosinus, Pseudohylesinus,* y *Pseudopytiophthorus*.

La aspersión del insecticida se debe realizar inmediatamente después de derribar el arbolado, el cual se debe girar para cubrir la totalidad de la superficie. El árbol y las ramas deben permanecer sin movimiento al menos durante 24 horas a partir de que fue aplicado el insecticida.

El asperjado del tocón, únicamente será necesario cuando en él se observen insectos descortezadores. Los insectos que están dentro del tronco y ramas, en desarrollo o en reposo, podrían emerger y volar hacia nuevos árboles, limitando la eficacia del tratamiento.

Derribo, troceo y fumigación

Consiste en el derribo, seccionado o troceo del fuste, se cubren las trozas y ramas con plástico PVC calibre 600 o su equivalente, sellando con tierra los costados para evitar el escape del gas fumigante. El gas fumigante, fosfuro de aluminio, debe ser el registrado ante la autoridad competente para este fin. El material fumigado deberá permanecer al menos 72 horas cubierto con el plástico.

Está recomendado para todas las especies de insectos descortezadores: *Dendroctonus, Ips, Hylesinus, Phloeosinus, Pseudohylesinus, Scolytus, Pityophthorus* y *Pseudopityophthorus* con excepción de *Dendroctonus rhizophagus*.

Descortezado de tocones con evidencia de daños y control de residuos

Como parte final de lo establecido en la norma, se especifica que debe haber control de residuos.

Extracción de raíz

Consiste en la extracción del arbolado afectado con todo y raíz cuando el insecto se encuentra en estado larvario o de pupa. Este método se aplica para combate y control de la especie *Dendroctonus rhizophagus* y se realiza al extraer la raíz.

Indicadores:

Superficie de bosque tratada mediante acciones de sanidad forestal.

	PAISAJE	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
SUELO	Exposición del suelo al intemperismo	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **RESCATE DE SUELO ORGÁNICO**		

El rescate de suelos orgánicos u horizonte A, es el procedimiento que implica la recuperación, conservación y reutilización de la capa superficial del suelo previamente despalmada durante la etapa de preparación del sitio.

El horizonte A, es la capa con mayor concentración de materia orgánica, nutrientes, semillas nativas o banco de germoplasma, microorganismos, hongos y asociaciones importantes para la fijación de nutrientes en el suelo como las micorrizas.

A través del rescate del suelo orgánico se tendrán los siguientes alcances:

- Preservación de la biodiversidad microbiana
- Preservación de biodiversidad de especies de flora a través del banco de semillas
- Aporte de nutrientes y facilitación de la adaptación de especies reforestadas

- σ Preservación de los servicios ecosistémicos

Procedimiento de rescate de suelo orgánico:

1. A partir de la actividad de despalme realizada por la constructora, que, generalmente consiste en el retiro de una capa de hasta 45 centímetros de espesor proveniente de las áreas forestales del proyecto. Previamente se realizará la identificación de las zonas de rescate, así como una programación de actividades según el avance de obra.
2. La extracción de suelo orgánico se realizará una vez que esté desprovisto de vegetación, puede efectuarse de manera manual o a través de medios mecánicos como retroexcavadora (dependiendo de la pendiente y acceso al sitio de rescate).
3. Se deberá evitar la mezcla con suelos de horizontes inferiores y se deberá trabajar con el suelo ligeramente húmedo.
4. Manejo:
    - σ Se realizará el transporte cuidadoso en camiones de volteo con lonas.
    - σ Se deberá evitar la compactación excesiva.
5. El almacenamiento temporal de suelo orgánico se realizará siguiendo las siguientes medidas preventivas:
    - σ El área de almacenamiento se realizará en una superficie provisional.
    - σ La superficie destinada para el resguardo deberá estar en un terreno plano o con poca pendiente, alejado de cuerpos o escurrimientos de agua.
    - σ Durante el resguardo, el suelo deberá humedecerse ligeramente de manera periódica, o bien, taparse con lonas que permitan su transpiración para evitar la dispersión de partículas.
    - σ En las zonas perimetrales se deberán colocar barreras para prevenir la dispersión de sedimentos.
    - σ Durante el periodo que se mantenga almacenado, se recomienda realizar volteos periódicos (cada 2 o 3 meses) para favorecer la aireación.

Disposición final

El uso final que tendrá el suelo orgánico puede ser en los siguientes escenarios:

- σ Uso como suelo orgánico para las actividades de rescate de flora silvestre, para disminuir costos de producción de planta.
- σ Arrope de la superficie sujeta a reforestación.
- σ Arrope de taludes y terraplenes del área del proyecto: en este caso, será necesario tener previa autorización del promovente, de acuerdo con las características constructivas del proyecto.

La disposición final será mediante la distribución de capas de 15 centímetros sobre la superficie sujeta a restaurar. La incorporación se realizará sin mezclar completamente.

Indicadores

Volumen de suelo rescatado

VI.5.2 Medidas aplicables durante la Etapa Operativa

VI.5.2.1 Medidas Preventivas

	AGUA / SUELO / VEGETACIÓN / FAUNA / PAISAJE	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
AGUA	Aumento en la presencia de basura	Moderado
SUELO	Aumento en la presencia de basura	Moderado
VEGETACIÓN	Contaminación con residuos sólidos urbanos	Irrelevante
FAUNA	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	Moderado
PAISAJE	Aumento de residuos sólidos urbanos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA PROHIBITIVA		

Será necesario realizar la colocación de señalética una vez que entre en operación la vía de comunicación (permanente), considerando leyendas entre las que se encuentren:

- Respeta y protege la flora y fauna silvestre
- Respetemos el hábitat y prevengamos su contaminación
- Prohibido arrojar basura
- Prohibida la extracción de flora y fauna silvestre
- Prohibida la caza de fauna silvestre

Indicadores:

Número de señales instaladas en cada área o frente de trabajo o por kilómetro versus el plan establecido, estado físico y visibilidad

VI.5.2.2 Medidas de Reducción

	AGUA / SUELO / VEGETACIÓN / FAUNA / PAISAJE	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
AGUA	Aumento en la presencia de basura	Moderado
SUELO	Aumento en la presencia de basura	Moderado
VEGETACIÓN	Contaminación con residuos sólidos urbanos Introducción de especies exóticas	Irrelevante
FAUNA	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	Moderado

	AGUA / SUELO / VEGETACIÓN / FAUNA / PAISAJE	
	Aumento en el efecto barrera	Moderado
PAISAJE	Aumento de residuos sólidos urbanos	Irrelevante
MEDIDA DE MITIGACIÓN: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CARRETERO		

Toda carretera tiene un programa de mantenimiento expedido por la SCT, el cual, prevé las reparaciones necesarias que se tiene que hacer para el correcto funcionamiento de la carretera. Sin embargo, debido a la importancia ecológica que se presenta en esta región del país, se deberán de incluir aspectos con un enfoque que beneficie tanto a la integridad estructural del camino, como al medioambiente circundante.

Esta medida se refiere a la inclusión de medidas dentro de este programa de mantenimiento para su adaptación en el medio, con lo que las afectaciones aledañas del mismo se minimicen. Entre las medidas que se deberán implementar para el mantenimiento se deben considerar:

1. Una vez efectuadas actividades de mantenimiento, se deberá de realizar una limpieza de la zona de trabajo, retirando cualquier residuo generado por estas actividades, entre estos residuos se pueden contar: cemento, asfalto, herramientas, cal, piedras, maderas, varillas, herramientas, aceites, pinturas, etc. Se buscará dejar libre de residuos la zona donde se realicen estas actividades y los residuos generados deberán de disponerse de manera y en sitios adecuados para ello, evitando de esta manera su disposición en cuerpos de agua y azolve de los escurrimientos que cruzan el camino. A su vez se eliminarán contaminantes que puedan afectar las características y funcionalidad de los suelos.
2. Se efectuará la limpieza del derecho de vía a los costados y sobre el camino, de los residuos sólidos urbanos que los usuarios y los mismos trabajadores del mantenimiento rutinario del camino generen, los cuales deberán de ser depositados en los rellenos sanitarios o tiraderos autorizados para la recepción de dichos residuos. Esta limpieza del derecho de vía deberá de efectuarse con una periodicidad mínima de 6 meses, iniciando preferentemente antes de la temporada de lluvias, con lo que se evitará que estos residuos se depositen en cuerpos de agua, ya sea de manera directa o por arrastre; también esto beneficiará al suelo, disminuyendo su contaminación.
3. Se efectuará el desazolve de las obras de drenaje de la carretera, con ello se buscará dar continuidad a los flujos hídricos perennes o intermitentes que cruzan el camino. Para ello se retirará basura, vegetación, rocas, tierra, o cualquier material que impida el flujo adecuado del agua y/o comprometa su calidad ambiental. Además de esto, las obras que hayan sido adecuadas como pasos de fauna, deberán ser revisadas, eliminando la presencia de dichos residuos, con la finalidad de que sigan cumpliendo su función y aminoren el efecto barrera que se presenta por la carretera. Esta actividad deberá de realizarse periódicamente, como mínimo cada 6 meses, también iniciando de preferencia al inicio de la época de lluvias. Todos los residuos extraídos en esta actividad deberán de ser dispuestos adecuadamente, teniendo en cuenta sus características y tipo de residuo.
4. Mantenimiento del cercado limitante del Derecho de Vía, este se realizará con una frecuencia mínima de 6 meses, revisando a ambos costados de la carretera las condiciones de dicho cercado y realizando las reparaciones pertinentes. Además de

esto, el mantenimiento podrá ser realizado en cuanto se detecten desperfectos en este aun cuando no se hayan cumplido los meses de inspección.

Indicador

Periodicidad de limpieza del derecho de vía: Se deberá llevar a cabo el mantenimiento carretero en el derecho de vía con una periodicidad mínima de 6 meses.

	FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Atropellos	Irrelevante/ Moderado (Lepidópteros)
MEDIDA DE MITIGACIÓN: COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA		

Se llevará a cabo la colocación de señalética durante la etapa operativa de la vía de comunicación. Dicha señalética abordará los siguientes puntos:

- Límites de velocidad de circulación
- Corredores de fauna silvestre
- Prohibido arrojar basura
- Prohibición de extracción de flora y fauna silvestre
- Prohibición de la caza de fauna silvestre



Figura 25. Recomendaciones de señalética para las zonas de cruce de fauna silvestre

Cabe señalar, que la señalética que será colocada en cuanto a la velocidad permitida durante la operación de la vía de comunicación deberá apegarse a las normas establecidas por la

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de acuerdo con las características de la carretera tipo A2.

Asimismo, se colocará señalética que haga saber al usuario que se encuentran en un Área Natural Protegida, con presencia de especies como la mariposa monarca.

Indicadores:

- σ Número de señales instaladas en cada área o frente de trabajo o por kilómetro versus el plan establecido, estado físico y visibilidad

	FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Ampliación del efecto barrera Atropellos	Moderado Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **PROGRAMA DE ADECUACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE COMO PASOS DE FAUNA**		

La adecuación e implementación de las obras de drenaje como pasos de fauna silvestre ayudan a disminuir los efectos de impacto negativo sobre sus poblaciones que conllevan la apertura y modernización de caminos y carreteras, dándole continuidad al flujo entre las poblaciones de fauna evitando que queden aisladas.

Por lo tanto, se deberá elaborar un Programa de adecuación de obras de drenaje como pasos de fauna, el cual deberá tener como objetivos

- Establecer los pasos de fauna en las zonas que presenta en una alta movilidad de fauna
- Establecer los criterios para la adecuación de los pasos de fauna
- Definir la metodología para el monitoreo post-obra, el cual permitirá evaluar el uso de los pasos de fauna
- Colocación de señalética en zonas con mayor presencia de fauna.

El proyecto contempla 190 obras de drenaje de las cuales 143 serán reemplazadas, 2 se ampliarán para convertirse en estructuras de mayores dimensiones y 41 obras serán nuevas. De dichas obras, por sus dimensiones, así como a las condiciones del lugar, 12 serán pasos de fauna, las cuales corresponden a losas 3x2.5 m y bóvedas de 3.X 205.

Tabla 10. Obras de drenaje contempladas en el proyecto.

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
1	29+390.18	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2m	Tubo de concreto	Reemplazar	409106.3711	2121256.956
2	29+714.36	Losa 2.00 x 1.50 m	Losa 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	409132.5162	2121539.073
3	29+850	Puente	Tubo de lámina Ø=6.71 m	Tubo especial	Reemplazar	409075.9093	2121661.692
4	29+910.82	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	409020.0038	2121676.115
5	30+091.02	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408917.9583	2121533.552
6	30+241.16	2 Tubos de plástico Ø=1.60 m	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408771.7475	2121497.279
7	30+330.73	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408738.5309	2121420.915
8	30+586.78	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Losa de 2.0 X 1.2 m	Losa de concreto	Reemplazar	408826.0335	2121201.294
9	30+803.32	Tubo de concreto Ø=0.75 m.	Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408678.8878	2121062.675

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
10	31+085.44	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Reemplazar	408574.201	2120828.31
11	31+418.75	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408488.99	2120508.547
12	31+608.37	Tubo de concreto Ø=0.75 m.	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408345.343	2120417.235
13	31+648.52	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408316.7018	2120390.149
14	31+858.88		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	408153.2882	2120331.014
15	31+995.38	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408026.2755	2120270.8
16	32+075.37	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	408007.4939	2120192.4
17	32+159.31	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407996.7207	2120110.98
18	32+381.80	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407831.5049	2120070.777
19	32+492.35	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407735.6489	2120101.752
20	32+827.17	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	407555.4539	2120282.062
21	33+391.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	407333.099	2120408.186
22	33+509.03		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	407272.6979	2120284.019
23	33+845.89	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	407089.4536	2120215.925
24	34+068.63		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	406947.3297	2120061.738
25	34+769.42	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406439.6381	2119643.883
26	34+838.65		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	406385.2648	2119570.992
27	35+106.69	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406137.7464	2119501.823
28	35+456.22	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	406059.0776	2119341.769
29	35+608.86	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405997.6996	2119214.387
30	36+378.99		Paso Fauna tipo Losa 3x 2.5 m	Losa de concreto	Nueva	405594.9148	2118834.77
31	36+511.83	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405483.7479	2118775.871
32	36+740.84	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405271.2219	2118816.099
33	36+981.53	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Cajón 2 x 1.2 m	Cajón de concreto	Reemplazar	405231.2003	2118611.692
34	37+288.12		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	405358.1772	2118378.012
35	38+009.21		Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Nueva	405579.3644	2118060.537
36	38+208.45		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	405546.8252	2117884.747
37	38+508.45	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	405310.5029	2117694.96
38	39+103.64	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Cajón 2 x 1.2 m	Cajón de concreto	Reemplazar	404735.2784	2117790.832
39	39+607.49	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	404235.4727	2117862.121
40	39+738.62	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	404097.6774	2117836.644
41	39+810.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	404048.3941	2117793.082
42	39+964.45		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	403962.7306	2117673.089
43	40+212.55	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	403821.188	2117493.561
44	40+464.95		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	403708.0369	2117305.039
45	40+626.86	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403544.1098	2117237.063
46	40+930.98	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403308.0219	2117095.616
47	41+112.55	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	403154.2953	2116998.289
48	41+631.61	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402781.0178	2116644.731
49	42+672.70	Tubo de concreto Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402249.1087	2116400.78
50	42+783.73	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402329.4182	2116342.499
51	43+224.50	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Paso Fauna tipo Losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	402714.7749	2116368.725
52	43+310.11		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	402782.066	2116422.475
53	43+413.37	Bóveda	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5	Bóveda	Ampliación	402869.8925	2116384.32
54	43+876.84		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	402569.2614	2116104.383
55	44+167.16	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402309.8841	2115936.536

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
56	44+650.83	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	402025.6161	2115587.633
57	45+108.14	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Cajón 2 x 1.50 m	Cajón de concreto	Reemplazar	402012.7496	2115133.177
58	45+414.66		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401837.0241	2114887.899
59	45+702.29		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401616.3636	2114706.793
60	46+195.73		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	401411.8348	2114274.666
61	46+514.46	Bóveda 1.5 x 1.0 m	Paso Fauna tipo losa 3 x 2.5 m	Losa de concreto	Reemplazar	401133.8249	2114110.7
62	46+757.22		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400228.8705	2113668.976
63	47+014.28	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400814.0946	2113864.207
64	47+243	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400602.2818	2113894.1
65	47+367		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400482.4521	2113859.432
66	47+489	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400362.6456	2113866.228
67	47+582	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400291.9625	2113818.495
68	47+668		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400277.1039	2113731.194
69	47+834		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	400153.6008	2113632.839
70	47+987	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	400018.3519	2113557.381
71	48+035		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399991.4037	2113521.736
72	48+082		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399964.4197	2113483.673
73	48+309		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399751.7538	2113437.024
74	48+843		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399655.2031	2113055.709
75	48+951		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399627.6013	2112957.882
76	49+273		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	399487.5334	2112676.003
77	49+466	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399383.01	2112530.265
78	49+825	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399564.4108	2112284.697
79	49+887	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	399527.0631	2112235.502
80	50+607.00		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	398850.5946	2112104.013
81	50+797.75	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398674.5664	2112047.986
82	51+064.06	Tubo de lámina Ø=1.00 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398423.0347	2112109.689
83	51+259.34	Tubo de concreto Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	398225.4291	2112080.655
84	51+628.89	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397950.1035	2111848.945
85	51+834.50		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	397747.806	2111807.128
86	52+468.00	Tubo de concreto Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397389.7694	2111679.98
87	52+595.83	Bóveda 1.0 x 1.20 m	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	397496.1377	2111630.455
88	52+724.39	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	397444.8021	2111540.994
89	55+000	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395626.4094	2110915.81
90	55+180	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395461.1347	2110890.857
91	55+330	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395347.7705	2110805.194
92	55+490	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395190.6064	2110819.812
93	55+610	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	395075.3657	2110796.603
94	55+790	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394917.1086	2110751.449
95	55+840	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394895.4487	2110696.349
96	55+960	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394856.5349	2110582.3
97	56+320	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394707.3435	2110304.36
98	56+380	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394696.7349	2110245.805
99	56+520	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394600.8139	2110160.532
100	56+730	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394591.5704	2109975.135
101	57+240	ubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394454.4408	2109570.511

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
102	57+300	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394409.9715	2109529.195
103	57+380	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394364.0137	2109465.594
104	57+500	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394281.2989	2109382.78
105	57+720	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	394094.4577	2109274.653
106	57+960	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393967.5113	2109087.295
107	58+020	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393964.6823	2109027.505
108	58+200	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393957.0729	2108848.871
109	58+300	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393949.2436	2108749.538
110	58+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393909.8993	2108635.991
111	58+610	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393907.735	2108448.83
112	58+850	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393953.5638	2108178.398
113	59+210	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393946.5128	2107850.93
114	59+520	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393882.3746	2107551.21
115	59+740	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393762.3839	2107380.276
116	59+970	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393573.3359	2107276.068
117	60+240	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393327.3331	2107158.553
118	60+440	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393163.616	2107062.268
119	60+590	Tubo de concreto Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	393025.067	2107005.369
120	60+730	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392897.0118	2106948.533
121	60+970	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392731.3968	2106775.46
122	61+340	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392474.0518	2106511.96
123	61+510	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392341.2256	2106403.601
124	61+700	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392184.3386	2106299.116
125	61+760	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392126.8485	2106274.207
126	61+820	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	392074.2696	2106253.864
127	62+020	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391879.3561	2106222.664
128	62+050	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391850.6006	2106209.064
129	62+220	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391686.232	2106184.242
130	62+330	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391576.3034	2106196.814
131	62+430	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391475.897	2106205.206
132	62+590	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391354.7862	2106268.35
133	62+830	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391546.7383	2106385.224
134	62+960	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391605.4023	2106481.614
135	63+030	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391601.6855	2106553.593
136	63+340	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391742.6602	2106825.24
137	63+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391801.7867	2106878.477
138	63+520	Puente	Puente Rio Verde 30 x 9 m	Puente	Ampliación	391776.5626	2106966.85
139	63+580	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391720.3205	2106973.055
140	63+710	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391667.4407	2106863.235
141	63+880	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391577.28	2106728.315
142	63+960	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391511.2339	2106695.681
143	64+380	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391183.6129	2106515.84
144	64+430	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391133.5352	2106504.46
145	64+550	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	391022.7364	2106450.673
146	64+740	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390867.5554	2106354.603
147	64+940	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390672.1491	2106332.208

No.	Km	ODT Existente	ODT Propuesta	Tipo	Actividad	X	Y
148	65+060	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390557.302	2106333.815
149	65+180	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390467.7143	2106414.195
150	65+285	TC 1.2	Losa de concreto 10 x 7 m	Losa de concreto	Reemplazar	390365.5244	2106491.097
151	65+390	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390289.7634	2106517.085
152	65+420	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390260.9891	2106525.307
153	65+580	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390118.5753	2106461.896
154	65+780	Tubo de lámina Ø=0.85 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389951.6088	2106541.499
155	66+000	Bóveda de 3.0 x 2.0 m	Paso Fauna tipo bóveda 3 x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	389746.2117	2106507.122
156	66+140	Bóveda de 3.0 x 2.0 m	Paso Fauna tipo bóveda 3 x 2.5 m	Bóveda	Reemplazar	389630.4227	2106576.667
157	66+210	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389574.4767	2106537.765
158	66+530	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389313.7795	2106450.032
159	66+800	Bóveda de 3.0 x 2.5 m	Paso Fauna tipo bóveda 3x 2.5 m	Bóveda	Se mantiene	389206.3934	2106340.802
160	67+100	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389438.3546	2106150.787
161	67+300	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389629.7386	2106108.044
162	67+900	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390149.1073	2105968.184
163	68+000	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390216.1389	2105894.72
164	68+100	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390290.2191	2105828.803
165	68+250	Tubo de plástico Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390411.5319	2105757.509
166	68+500	Tubo de lámina Ø=1.00 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390431.5098	2105699.88
167	68+640	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390302.8737	2105732.684
168	70+108		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	390171.3373	2105822.067
169	70+128	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389355.1256	2105757.42
170	70+234.95	Bóveda 2 x 1.5 m	Bóveda 2 x 1.5 m	Bóveda	Se mantiene	389456.5532	2105733.895
171	70+276.37	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	2 Tubo de concreto Ø=1.5m	Tubo de concreto	Se mantiene	390077.7825	2105724.777
172	70+350		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	390007.22	2105735.769
173	70+378		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389978.2746	2105743.433
174	70+408		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389949.2245	2105751.149
175	70+639.6	Losa 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto 2.0 x 1.5 m	Losa de concreto	Se mantiene	389729.2017	2105719.411
176	70+668		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389701.8904	2105708.97
177	70+708	Tubo de lámina Ø=0.75 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389664.4342	2105695.068
178	71+144.87	Tubo de lámina Ø=0.65 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389241.6755	2105733.692
179	71+486.15	Losa 1.0 x 1.0 m	Losa de concreto 2.0 x 1.2 m	Losa de concreto	Reemplazar	388903.5576	2105703.886
180	71+673.07		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388737.8254	2105783.683
181	71+906.08		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388540.0019	2105704.505
182	72+033.81		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388609.482	2105651.183
183	72+414.63		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	388764.5052	2105497.174
184	72+948.15	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389267.7496	2105537.814
185	73+191.14	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389481.5633	2105442.146
186	73+393.16	Tubo de lámina Ø=0.90 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389660.9571	2105409.75
187	73+605.75		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389778.9356	2105325.526
188	73+775.04	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	389921.4444	2105249.864
189	73+928.49		Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Nueva	389997.4324	2105146.217
190	74+048.35	Tubo de lámina Ø=0.80 m	Tubo de concreto Ø=1.2 m	Tubo de concreto	Reemplazar	390057.4816	2105051.076

- Monitoreo post-obra

Con la finalidad de conocer la efectividad de los pasos de fauna, así como a las especies que usan las estructuras, el programa deberá contemplar un monitoreo post-obra con una duración de tres años, este permitirá determinar si se requiere realizar modificaciones a las estructuras para incrementar su uso por parte de la fauna.

- Índice de frecuencia de uso

Mediante el uso de cámaras trampa se monitorearán los pasos de fauna, para lo cual se deberán colocar 2 cámaras-trampa por paso de fauna abarcando las temporadas de lluvias y secas. A partir de los registros obtenido se determinará el número de cruces y las especies que estan usando el paso de fauna.

- Índice de atropellos

Se deberá realizar el registro de los organismos que se encuentren atropellados al largo del proyecto, esto permitirá detectar si existen áreas con atropellos que no cuenten con pasos de fauna u obra de drenaje cercana en las que se deberá implementar acciones para reducir el número de atropellos.

Dependiendo de los resultados obtenidos en los monitoreos correspondientes, se determinará la necesidad de establecer reductores de velocidad en puntos críticos, señalética adicional o bien, establecimiento de líneas logarítmicas para reducir la velocidad de los usuarios de la vía de comunicación.

	FAUNA	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Aumento en el efecto barrera	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE QUE FUNGEN COMO PASOS DE FAUNA**		

Como parte del mantenimiento carretero se deberá realizar la limpieza de las obras de drenaje que hayan sido adecuadas como pasos de fauna.

- La limpieza se deberá realizar de manera periódica, como mínimo cada 6 meses
- El manejo de los residuos deberá ser acuerdo al tipo de cada residuo
- La disposición final de los residuos sólidos urbanos se deberá realizar en el relleno sanitario municipal
- La disposición de los residuos de construcción se realizará en un banco de tiro, el cual deberá contar con autorización vigente.
- Los residuos de peligrosos o de manejo especial deberán depositarse en contenedores rotulados y en buen estado, el manejo y disposición de este tipo de residuos deberá ser realizado por una empresa debidamente autorizada.
- Para evitar el arrastre de los residuos que se encuentren en las estructuras, la limpieza se deberá realizar previo al inicio de la temporada de lluvias.
- La limpieza deberá realizarse no solo en las obras de drenaje sino también en los alrededores de las estructuras, así como en el derecho de vía

De esta forma con la limpieza continua de las obras de drenaje que cumplen una doble función como pasos de fauna se asegurará el uso de las estructuras por parte de las especies, reduciendo el número de atropellos en la carretera, además de mantener el flujo de las especies en el área del ANP.

	VEGETACIÓN	
FACTOR:	**IMPACTO:**	**TIPO DE IMPACTO:**
FAUNA	Incremento en la probabilidad de incendios forestales	Moderado
MEDIDA DE MITIGACIÓN: **IMPLEMENTACIÓN DE BRECHAS CORTAFUEGOS**		

Con la finalidad de evitar la ocurrencia de incendios forestales provocados por malas prácticas de los usuarios de la vía de comunicación, se efectuará la implementación de brechas cortafuego en zonas susceptibles y estratégicas del derecho de vía.

Las brechas corta fuego consisten en la remoción de material combustible; el objetivo es delimitar un perímetro que mantenga áreas específicas a salvo del fuego. El material combustible es la vegetación o residuos que pueden encenderse y arder, resultando un peligro para el inicio del fuego o su propagación.

El material combustible se divide en tres tipos de acuerdo con su capacidad ignición.

- Ligero es el que arde y se consume rápidamente como la hojarasca, pasto, materia orgánica en descomposición o acículas de pino.
- En el mediano se encuentran las ramas, las raíces y los conos.
- Se considera pesado en el caso de los troncos, ramas gruesas y materia orgánica compacta, que tienen un tiempo de combustión muy lento.

La brecha corta fuego es una franja de al menos tres metros de ancho que se limpia, se deja libre de vegetación hasta el suelo mineral. Para su creación los combatientes de incendios forestales tienen la labor de remover todo el material combustible con apoyo de herramienta especializada como un rastrillo, mcleod, pulasky y pala forestal.

Se deberán considerar los siguientes aspectos:

Apertura de brechas cortafuego.

1. Realizar el trazo de la brecha sin afectar la vegetación arbórea.
2. Se debe de anclar a barreras naturales o artificiales, para evitar que el fuego pueda pasar hacia el área de interés a proteger.
3. Construir desagües cuando las brechas cortafuego sean construidas en terrenos con pendientes, a efecto de evitar la formación de cárcavas y erosión de las mismas.

Rehabilitación de brechas cortafuego.

1. Remover el material vegetativo hasta el suelo mineral, eliminando el material fino (pastos, hierbas, etc.).

2. Construir o reconstruir obras de desagüe para evitar la formación de cárcavas y erosión de la brecha cortafuego.
3. Realizar la poda de ramas de la vegetación arbórea adyacente a la brecha cortafuego, hasta una altura de por lo menos dos veces la altura de la vegetación arbustiva.

Las brechas cortafuegos se implementarán del cadenamiento 47+000 al 49+600, del 52+400 al 57+000, finalmente del 71+500 al 74+550, siendo que corresponden a los fragmentos de bosque que presentan mayor cobertura y continuidad; sin embargo, el promovente en conjunto con la supervisión ambiental y el responsable de la ejecución de los programas ambientales determinarán la factibilidad de su implementación en el derecho de vía, considerando su necesidad de acuerdo a la pendiente y topografía existente en ambos costados de la carretera.

Se deberán entregar reportes semestrales de las acciones de protección, rehabilitación y apertura de brechas corta fuego durante 5 años posteriores al término de la construcción del proyecto.

VI.6 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.

VI.6.1 Supervisión ambiental.

La supervisión ambiental para este proyecto, será de carácter obligatorio y trabajará en conjunto con el personal encargado de la administración y protección de las ANP's donde se ubica el proyecto, la importancia de los ecosistemas presentes requieren de supervisión puntual y oportuna, para que no vean modificadas sus condiciones y el proyecto no represente un factor que determine el deterioro ambiental de la región.

El supervisor ambiental se encargará de la vigilancia de las actividades realizadas en la obra, que estas no comprometan la integridad del medioambiente y que los trabajadores no caigan en actividades o actitudes negligentes que perjudiquen las características ambientales del sitio. El supervisor se familiarizará con las condiciones predominantes del medio y actividades referentes a la construcción del proyecto y deberá de dar seguimiento a los trámites y actividades que las dependencias gubernamentales exigen.

VI.6.2 Comité de vigilancia ambiental

Además de la supervisión ambiental, se invitará a las dependencias involucradas a constituir un Comité de Vigilancia Ambiental, constituido por la Dirección del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Secretaría de infraestructura, comunicaciones y transportes (SICT), la Supervisión Ambiental y Guardia Nacional, para que en conjunto se haga la verificación de las medidas de mitigación y se cumplan con los siguientes objetivos:

- Garantizar que las acciones propuestas cumplan los objetivos, de forma efectiva y eficiente, preservando los recursos naturales del sistema ambiental afectado.
- Evaluarán el desempeño de cada una de las medidas propuestas tanto en la MIA-R como en los programas ambientales para cada uno de los componentes identificados; en caso

de que el valor obtenido sea menor al indicado, se informará la necesidad de actuación para ejecutar las acciones que reviertan esa situación.

- Asegurar la efectividad de las medidas propuestas, y si se requiera modificarlas, corregirlas o articularlas con otras estrategias para llegar a una condición que incremente el nivel de la calidad ambiental del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

VI .6.3 Ejecución de la obra.

El contratista deberá de elaborar y difundir entre los trabajadores un reglamento, el cual permitirá que la obra se lleve a cabo de buena manera, como mínimo el reglamento deberá de contener los siguientes puntos:

VI .6.3.1 Disposiciones generales.

1. La ejecución de obras deberá apegarse a la legislación N-Leg-3/02: Norma que contiene los criterios de carácter general sobre la ejecución, medición, base de pago y estimación de las obras para la infraestructura del transporte que realice la Secretaría por administración directa o a través de un Contratista de Obra, así como los lineamientos generales para la aplicación de sanciones por incumplimiento del programa de ejecución o de la calidad establecida y para la aplicación de estímulos que pudieran se procedentes dependiendo de la calidad lograda en esas obras.

2. Contar con un programa o plan de contingencia. Las prioridades de seguridad y salvaguarda seguirán el siguiente esquema inalterable:

* Primero: Se priorizará siempre la seguridad y bienestar de la vida humana.
* Segundo: Se considerará la seguridad y bienestar del medio ambiente.
* Tercero: Se considerará la seguridad de maquinaria, vehículos, edificios y obras.

3. Deberá contarse con un programa de mantenimiento de la maquinaria y vehículos utilizados en la obra.

4. Deberá proporcionarse al total del personal presente en obra, la capacitación correspondiente al cumplimiento de las obligaciones de seguridad, higiene y materia ambiental.

VI .6.3.2 Del agua.

5. Contar con sanitarios portátiles en los frentes de obra, así como con un programa de limpieza rutinaria de acuerdo a las medidas de mitigación. Identificar en un croquis su localización y señalarlas de ser necesario.

6. Será responsabilidad del contratista acreditar el origen, autorizaciones y volúmenes de agua requerida durante sus trabajos.

VI .6.3.3 De los residuos sólidos.

7. Contar con botes o tambos para disposición de basura. Esta deberá dividirse por su naturaleza en orgánica, inorgánica y residuos peligrosos.

8. Los contenedores deberán contar con tapa fácil de mover para su uso. Estar debidamente identificados tanto por la pintura exterior, gris para residuos inorgánicos, verde para residuos orgánicos, así como mediante el uso de señalamientos claros que permitan diferenciarles.

9. La empresa deberá contar con un croquis que facilite la localización en la obra de los contenedores.

10. La empresa contratista deberá establecer las fechas y horarios con que la basura será vertida en los basureros o rellenos sanitarios más cercanos, y establecer los convenios necesarios con las autoridades locales a cargo.

11. Se prohíbe crear tiraderos de basura.

VI.6.3.4 De los residuos peligrosos.

12. Contar con alta como empresa generadora de residuos peligrosos.

13. Presentar un reporte anual de Residuos Peligrosos generados.

14. Identificar previo al inicio de los trabajos, aquellos procesos o actividades que por su naturaleza podrán dar origen a la generación de Residuos Peligrosos, realizando un listado de los mismos, una proyección de los agentes causante en la generación, y los tipos de residuos que darán origen conforme a lo establecido en la Norma Oficial aplicable para el caso.

15. Instalar previa identificación de riesgos potenciales, la instalación denominada Almacén Temporal de Residuos Peligrosos, el cual deberá contar con;

- Muros o malla divisora que impida el paso de personal no autorizado.
- Piso impermeable, de concreto si la localización será permanente durante el tiempo que duren los trabajos, o de materiales flexibles especialmente diseñados para los efectos, en caso de ser necesario modificar su localización a lo largo de los trabajos. Contar con un techo que aísle el interior de fenómenos atmosféricos (lluvia, radiación solar).
- Estar diseñado para contener hasta un tercio del volumen total de líquidos almacenados.
- Es necesario contar con los letreros informativos y restrictivos suficientes para indicar la denominación del sitio, la prohibición de acceso a personal no autorizado, así como los riesgos potenciales que el material almacenado significa.
- Se deberá contar con los sistemas apropiados para la extinción de fuegos conforme a los volúmenes almacenados.
- El almacén permanecerá cerrado bajo resguardo de un responsable único por jornada de trabajo.
- El responsable del almacén deberá registrar ingresos y salidas en una bitácora, la cual incluirá en su contenido, los volúmenes y tipos de residuos almacenados.

16. Los residuos peligrosos generados en la obra, deberán ser almacenados en contenedores adecuados conforme a su estado físico. Tambos metálicos de boca ancha para sólidos contaminados, y tambos metálicos de boca pequeña para líquidos.

17. Los tambos deberán estar en perfecto estado físico para evitar posibles derrames de su contenido, así como identificados conforme a lo establecido por la Norma Oficial aplicable para el caso.

18. Será responsabilidad de la contratista, entregar copia de los manifiestos correspondientes a los residuos generados en la obra a la autoridad competente para comprobar de la disposición correcta de los residuos peligrosos.

19. De suceder algún derrame accidental, deberá procederse al retiro inmediato de la superficie contaminada y disponer adecuadamente de ella como residuo peligroso.

20. Contar con al menos un área impermeable en el patio de maquinaria, para llevar a cabo allí reparaciones o tareas de mantenimiento de vehículos y maquinaria.

21. En caso de desperfecto de la maquinaria en campo, y de requerirse intervención mecánica, se deberá colocar bajo la maquinaria una cubierta impermeable, cuya función sea retener todo derrame accidental de aceite, diésel o grasa. Esta superficie impermeable deberá ser dispuesta a manera de evitar que cualquier líquido retenido se escurra al suelo aledaño. Contando con material absorbente en cantidades necesarias para la recuperación del derrame en caso de presentarse alguna contingencia.

22. Los desechos contaminantes de hidrocarburos provenientes de maquinaria en campo deberán ser trasladados inmediatamente al almacén de Residuos Peligrosos.

VI .6.3.5 De las emisiones a la atmosfera.

23. En el caso de transportes para acarreo de material, estos deberán mantener el material húmedo y en algunos casos, de ser necesario, se cubrirá la caja con lona. La finalidad es evitar accidentes y la generación de polvos por los caminos y calles.

24. Cuando el tránsito de vehículos genere polvos excesivos, la empresa responsable deberá regar los caminos para evitar la generación excesiva de polvos.

25. La maquinaria y vehículos deberán contar con un programa de verificación de emisiones contaminantes y cumplirlo cuando las regulaciones Federales o Estatales así se lo demanden.

VI.6.3.6 De la flora y fauna.

26. Contar con la autorización de cambio de uso del suelo forestal donde sea requerido.

27. Se prohíbe a todo el personal relacionado con la obra la compra/venta de animales extraídos de la zona, así como introducir mascotas en los frentes de obra.

28. No podrá dañarse material vegetal fuera del especificado por el proyecto.

29. Las actividades de desmonte y despalme se restringirán a la amplitud de ceros del proyecto, a excepción de aquellos sitios donde el proyecto lo reclame, siempre y cuando no se supere la amplitud de derecho de vía.

30. Queda prohibido la realización de fogatas o cualquier otra actividad que implique el uso no autorizado de madera o en su defecto pudiese ser causante de un siniestro.

31. Queda estrictamente prohibido la introducción de especies animales o vegetales a las zonas de trabajo.

32. Queda estrictamente prohibido llevar a cabo el desmonte con maquinaria pesada, así como ocultar o enterrar el material de desmonte.

VI.6.3.7 De la contaminación por ruido.

33. En caso de requerirse realizar actividades en turno nocturno, se deberán tomar las precauciones necesarias y evitar la operación de maquinaria en ese turno.

34. Cualquier condición mecánica no propia del funcionamiento normal de la maquinaria, equipos o vehículos empleados en las obras, que generasen niveles sonoros superiores, deberán ser atendidas inmediatamente.

35. No podrán realizarse actividades ajenas a los procesos constructivos que deriven en niveles superiores al ruido propio de la zona.

VI.7 CONCLUSIÓN

Los mayores impactos durante la etapa de construcción se presentarán sobre los componentes agua, suelo, flora y fauna; la mayoría de dichos impactos son de categoría moderada y corresponden al deterioro de la calidad del agua, cambios en el relieve y topografía, retiro de especies en norma, modificación del hábitat, disminución de la biodiversidad, mientras que los impactos relacionados con la disminución de la cobertura vegetal, resultaron severos. En la etapa operativa los impactos son en su mayoría moderados y refieren principalmente a la calidad del suelo, ocurrencia de incendios forestales, ampliación del efecto barrera, y atropello de fauna.

A pesar de que gran parte del proyecto se desarrolla por zonas fragmentadas, ocupadas por asentamientos humanos y campos agrícolas, la mayoría ocurre sobre áreas que aun ostentan vegetación forestal importante, principalmente de bosque de pino-encino, la cual alberga diversidad y es sumamente importante en la provisión de servicios ambientales.

De acuerdo a ello, es de suma importancia la implementación de las medidas de mitigación propuestas, ya que la longitud del proyecto es considerable, y en estas superficies mejor conservadas las obras previstas contemplan cambio de uso de suelo en terrenos forestales. De ahí que la ejecución de las medidas de mitigación sea obligatoria y precisa, con el objetivo de prevenir la aparición de impactos, reducir aquellos que sean inevitables y compensar aquellos impactos severos.

En dicho contexto, la ejecución en tiempo y forma de programas como el de rescate y reubicación de flora silvestre, aminorará de manera importante la afectación a los individuos de las diversas especies que constituyen las comunidades vegetales sujetas a CUSTF, es decir, al efectuar dicho programa se rescatará germoplasma de las especies arbustivas y arbóreas para recuperar la cobertura vegetal en las labores de reforestación, además de que se rescatarán ejemplares de familias botánicas importantes para la conservación de la biodiversidad, donde los ejemplares serán transportados y reubicados a sitios donde no se afecte su integridad ecológica y se asegure su sobrevivencia, con lo cual se estaría disminuyendo uno de los principales impactos generados por el proyecto.

De la misma forma, con las acciones encaminadas a la protección y conservación de suelos, se reducirá en gran medida la magnitud de los impactos, mejorando incluso la calidad en sitios que no serán afectados por el proyecto, esto a través de las acciones de reforestación, misma

que a la vez ayudará a reducir la erosión hídrica, y promover la recuperación de la cubierta vegetal, favoreciendo la infiltración del agua al suelo y aumentando la tasa de recarga de los mantos acuíferos, del cual depende la población de la porción central del país.

Aunado a ello, con la ejecución de la reforestación con especies nativas se mejorarán las condiciones en sitios en los que se requieran dichas acciones dentro del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, en la cual se encuentra embebida el SAR, recuperando la cobertura vegetal, contribuyendo a la restauración de servicios ambientales, y brindando hábitat para especies de fauna silvestre.

De tal forma que la construcción del proyecto con la correcta ejecución en tiempo y forma de las medidas de mitigación, brindará beneficios sociales y económicos sin poner en riesgo la calidad ecológica, ya que la finalidad de dichas medidas preventivas y de mitigación es evitar que las actividades a desarrollar puedan ocasionar daños en el ambiente o la generación de impactos ambientales adversos, y minimizar sus efectos, contribuyendo al mantenimiento de las condiciones naturales del ecosistema. Asimismo, cabe destacar que el proyecto prevé la implementación de medidas de compensación, como la implementación de brechas cortafuegos, acciones de sanidad forestal, rescate de suelo orgánico, limpieza del derecho de vía y obras de drenaje asociadas, las cuales buscan contribuir a la conservación del área donde se desarrolla el proyecto. De acuerdo a ello, al realizar el proyecto con las medidas de mitigación y compensación se pretende mejorar la calidad de algunos componentes ambientales con respecto a su situación actual y en aquellos en los que la fragmentación, uso de suelo y tendencias de desarrollo del sitio, resulte complejo mejorar su capacidad, funcionamiento y/o recuperación, se pretende que se mantengan con los condiciones naturales en las que fueron encontrados, es decir, promoviendo que el proyecto no cause un detrimento, afectación o disminución de la calidad actual.

VI.8 BIBLIOGRAFÍA

Benítez, J. y Escalona-Segura. 2021. Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas. Estudios de caso para el sureste de México.

Chávez-Aguilar, G., Campos-Ángeles, G., Pérez-Suárez, M. 2022. Estructura y composición del bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. en su distribución altitudinal en el Nevado de Toluca. R*evista mexicana de ciencias forestales.*

Gerencia de Sanidad Forestal de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. 2007. Manual de Sanidad Forestal. Primera edición, Comisión Nacional Forestal, México.

Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico Primera edición, Comisión Nacional Forestal, México.

Gobierno de Chile. 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre.

Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009-2012.

Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición (CMIC)

Quintero. 2015. Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables.

SCT. 1999. Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación. Publicación técnica No. 133

SCT. 2016. Manual para estudios, gestión y atención ambiental en carreteras.

SEMARNAT, CONANP, 2016. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. México.

Vázquez-Yanes, C., Orosco, S. A., Rojas, M., Sánchez, M. A. y Cervantes, V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica.

CAPITULO VII.- PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Descripción y análisis de los escenarios 2
VII.1.1 Metodología 2
VII.1.3 Metodología 4
VII.2 Pronósticos ambientales 10
VII.3 Conclusión 11

CAPITULO VII.- PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Descripción y análisis de los escenarios

Los pronósticos ambientales se tratan de una situación teórica donde se puede prever o predecir algún posible daño o mejoría al medio ambiente sobre el área del proyecto; para conformar dichas suposiciones, se toman como referencia los valores obtenidos de los factores abióticos, bióticos y antrópicos evaluados en el diagnóstico ambiental (DA) descritos en el apartado del capítulo IV de la presente MIA-R; para esto, se llena una matriz con tres escenarios posibles y en tres periodos de tiempo: el primero se refiere a un escenario donde no exista proyecto, el segundo escenario corresponde donde exista un proyecto pero sin medidas de mitigación/compensación y por último, un escenario donde exista un proyecto con medidas de mitigación/compensación. Para los escenarios se manejaron tres periodos de tiempo: corto, mediano y largo plazo.

VII.1.1 Metodología

La matriz empleada para el análisis correspondiente, muestra los factores, los niveles de calidad y los valores cuantitativos (calificación) para las ponderaciones y/o evaluaciones.

Tabla 1. Factores abióticos, bióticos y antrópicos.

Factores ambientales, sociales y antrópicos	Nivel de calidad	Calificación
Geoformas	Original	5
	Escasamente modificadas	4
	Moderadamente modificadas	3
	Altamente modificadas	2
	Totalmente modificada	1
Suelo	Sin erosión	5
	Escasa erosión	4
	Moderadamente erosionado	3
	Altamente erosionado	2
	Extremadamente erosionado	1
Calidad del agua (De no existir cuerpos o corrientes de agua se evalúan posibles elementos que pudieran contaminar las aguas superficiales o subterráneas en época de lluvias)	Sin contaminación aparente	5
	Ligera contaminación	4

Factores ambientales, sociales y antrópicos	Nivel de calidad	Calificación
	Moderada contaminación	3
	Alta contaminación	2
	Extrema contaminación	1
Cubierta vegetal	Mayor al 100 %	5
	75 - 100 %	4
	50 - 75 %	3
	25 - 50 %	2
	Menor Al 25 %	1
Naturalidad de la vegetación	Sin vegetación inducida	5
	Domina la vegetación natural sobre la inducida	4
	Igual vegetación inducida que la natural	3
	Domina la vegetación inducida sobre la natural	2
	Solo vegetación inducida	1
Presencia de ganado	Nula	5
	Escasa	4
	Moderada	3
	Alta	2
	Muy alta	1
Presencia de cultivos	Nula	5
	Escasa	4
	Moderada	3
	Alta	2
	Muy alta	1
Hábitat para la fauna (Potencialidad)	Potencial muy alto	5
	Potencial alto	4
	Potencial medio	3
	Potencial bajo	2
	Potencial muy bajo	1
Evidencia de penetración antrópica (casas, caminos, brechas, basura, etc.)	Nula	5
	Escasa	4
	Media	3
	Alta	2
	Muy alta	1

Utilizando la matriz de la Tabla 1, se obtuvieron los siguientes valores en cada factor abiótico, biótico y antrópico (Tabla 2**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La dinámica de estos valores se basa en lo observado directamente dentro del AI del proyecto y las variables de temporalidad, la ausencia/presencia del proyecto y las medidas de mitigación/compensación.

Tabla 2. Matriz con los valores de cada factor en los tres escenarios incluyendo la línea base.

Factor ambiental, social y antrópico	Diagnóstico Ambiental	Sin proyecto			Con proyecto			Con proyecto y medidas de mitigación		
	Línea Base	Corto plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo	Corto plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo	Corto plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
GEOFORMAS	3.2	3.2	3.2	3	3	2.8	2.5	3	3	3
SUELO	3.5	3.5	3.3	3.1	3.2	3	2.8	3.3	3.1	3.2
CALIDAD DEL AGUA	3	3	2.8	2.6	2.4	2	1.8	3	3	2.8
CUBIERTA VEGETAL	3.2	3.2	3	2.8	2.8	2.6	1.8	3	3.2	3.4
NATURALIDAD DE LA VEGETACIÓN	3.2	3.2	3	2.8	3	2.8	2	3	3.2	3.2
PRESENCIA DE GANADO	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4	4.4
PRESENCIA DE CULTIVOS	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
HÁBITAT PARA LA FAUNA	3.4	3.4	3.2	3	3	2.8	2	3.2	3.4	3.6
EVIDENCIA ANTRÓPICA	3.1	3.1	2.8	2.6	2.8	2.6	2.2	3.1	3	2.9

VII.1.3 Metodología

VII.2.1 Descripción y Análisis del Escenario sin proyecto

El SAR como el área de influencia presentan una calidad ambiental **alta**, ya que existen áreas que presentan un buen estado de conservación, en donde se conjunta la existencia de altos valores ambientales como son los bosques, ríos y biodiversidad de la zona. Mientras que en otras zonas, las áreas naturales coexisten con localidades catalogadas por INEGI como de alta marginación, además de localidades, como la cabecera municipal de Temascaltepec, en donde se presenta una mayor capacidad económica. Este contexto le otorga a la zona una complejidad socio-ambiental que por un lado ofrece oportunidades para el desarrollo sostenible de la región, pero por otro, genera amenazas a la conservación de los recursos naturales.

Respecto a la Geomorfología, el relieve se encuentra moderadamente modificado, siendo la principal modificación la generada por la construcción de la carretea debido a que se efectuaron cortes importantes, así como por la generación de terraplenes. Por otra parte, existen sitios en los que el terreno natural ha sido modificado escasamente, mientras que en otros el relieve se ha modificado principalmente por los asentamientos humanos, campos agrícolas y caminos de terracería. Asimismo, hay zonas en donde a pesar de las pendientes existentes, el terreno ha sido aprovechado por los habitantes de las zonas rurales para la siembra de cultivos permanentes, y a pesar del cambio de uso de suelo, el terreno no ha sufrido modificaciones significativas.

El 93.12% del SAR presenta algún tipo de degradación en el suelo, mientras que en el AI existe degradación en grado moderado y corresponde a erosión hídrica con pérdida del suelo superficial y/o deformación causada por deforestación y remoción de la vegetación, así como por sobrepastoreo, mientras que en otras áreas la degradación es química y referente a declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica a causa de la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico.

El componente hídrico presenta una moderada contaminación, en el SAR el número de corrientes tanto perennes como intermitentes son importantes, en el área de influencia las principales corrientes perennes son Arroyo Hondo, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras y Río Verde. Todas estas tienen en común su nacimiento entre ecosistemas correspondientes a bosque de oyamel, bosque de pino, y pino-encino, que sin embargo conforme continúan su trayectoria atraviesan localidades y áreas agrícolas, lo que repercute en su calidad ambiental, ya sea por mala disposición de residuos sólidos urbanos, descargas de aguas residuales y arrastre de químicos empleados en las áreas de cultivo.

En las zonas en las que se presenta una mayor contaminación se debe a la presencia de asentamientos humanos, así como por la presencia de minas las cuales suelen arrojar residuos, ocasionando grandes problemas de contaminación en los cauces.

En cuanto a la cubierta vegetal, debido al crecimiento desorganizado, así como por la apertura de brechas y caminos no autorizados existe una pérdida importante de cobertura vegetal, la cual refleja un proceso que ha ocurrido desde décadas atrás. Por lo tanto, en el SAR delimitado, como en el área de influencia, la vegetación original ha sido disminuida de manera importante en algunos segmentos, y en otros existe una marcada delimitación de la vegetación con las zonas agrícolas, mientras que existen zonas que presentan un buen estado de conservación y una continuidad importante de los fragmentos forestales.

Existen áreas en las que la deforestación derivada del cambio de uso de suelo con fines agropecuarios ha sido importante, en estas zonas la presencia de cultivos es alta, mientras que la presencia de ganado es de escasa a moderada.

Estos cambios en la cobertura vegetal repercuten directamente en el hábitat, así como en la riqueza y abundancia de las especies fauna silvestre que se distribuyen en el área, muchas de las cuales son endémicas o presentan algún grado de endemismo, y varias de estas se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La evidencia de la penetración antrópica en algunas zonas es alta, debido a la presencia de casas, caminos, brechas, así como por basura, mientras que en las áreas mejor conservadas con vegetación de pino, y pino encino, la riqueza florística es importante, además de que el bosque

brinda varios servicios ambientales como la fijación de carbono, protección y cubrimiento de suelos, provisión de agua de calidad y cantidad adecuada y belleza estética.

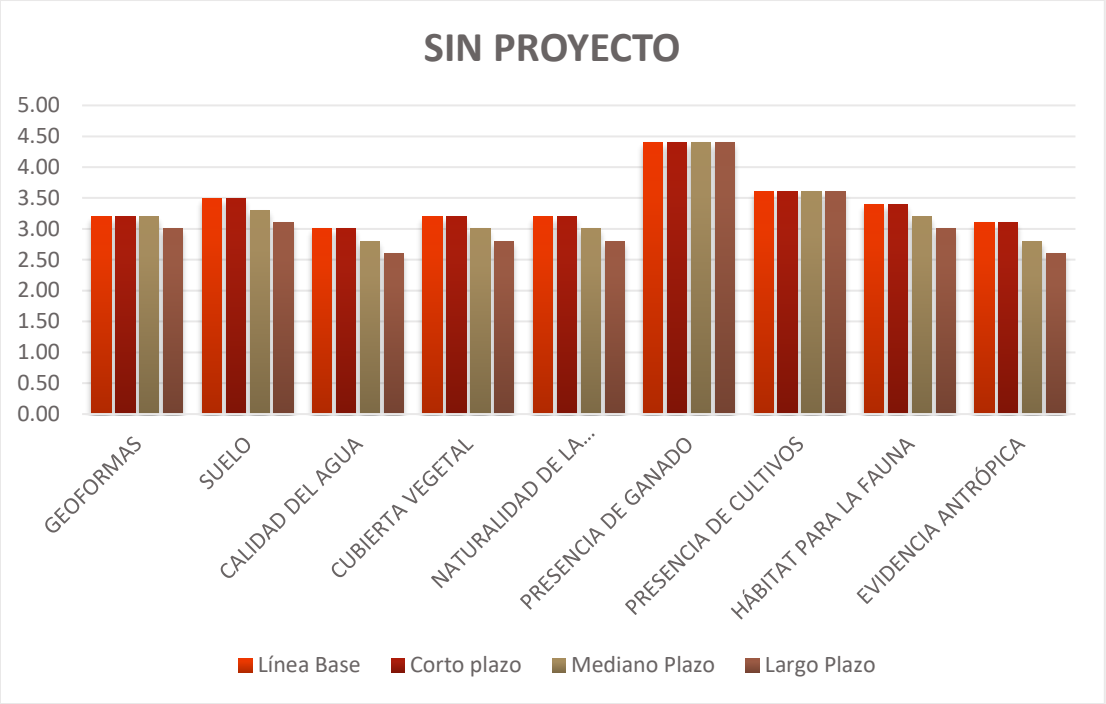


Figura 1. Tendencias de la calidad ambiental de los factores en los pronósticos del escenario sin proyecto.

Sin proyecto, la tendencia de la región es que los componentes ambientales no sufran grandes modificaciones a corto y mediano plazo, sin embrago a largo plazo, podría presentarse un decremento en su calidad ambiental. Ello dado que las amenazas a la conservación de los recursos forestales de clima templado-frío en México son antropogénicas, inherentes a las poblaciones mismas, además de aquellas de tipo ambiental, en donde destacan el cambio de uso de suelo, las modificaciones al hábitat, la tala y la ocurrencia de incendios provocados.

La mayor amenaza (riesgo extensivo) es la deforestación derivada del cambio de uso de suelo con fines agropecuarios. Esta es una cuestión preocupante, porque en la región central del país es en donde se asienta la mayor densidad de población humana, y eso significa que es muy probable que la tendencia se agrave. Asimismo, el pastoreo, asociado con los bosques de pino, favorece la ocurrencia de incendios, que son los factores de transformación estructural más severa de los ecosistemas forestales. El Estado de México sufre incendios recurrentes cada año (muchos provocados), lo que se define como una amenaza altamente peligrosa para la conservación de los bosques de la entidad.

VII.2.2 Descripción y Análisis del Escenario con proyecto y sin medidas de mitigación/compensación

La ampliación de la carretera sin la implementación de las medidas de mitigación generaría una afectación de mayor magnitud en todos los componentes ambientales, por lo que la calidad ambiental del área se vería drásticamente afectada.

Debido a que se trata de una ampliación de una carretera existente las mayores modificaciones a las geoformas se presentaron durante la construcción de la carretera, por lo que con la implementación del proyecto las modificaciones de las geoformas serán mínimas y se presentará en los cortes y construcción de terraplenes. Sin embargo, de no implementar las medidas de mitigación necesarias, como limitar las actividades a la línea de ceros, se podrían generar afectaciones en sitios fuera de las áreas requeridas, ocasionando un aumento a mediano y largo plazo por las actividades antropogénicas.

Al no implementar medidas de mitigación en las áreas en las que la vegetación presenta un mejor estado de conservación, esta presentaría una mayor afectación, ya que al no limitar las actividades a la superficie requerida, la afectación se podría extender más allá de lo requerido por el proyecto, además de que no se realizaría es rescate, ni se llevarían a cabo acciones de reforestación como compensación por el derribo de la cobertura vegetal, disminuyendo los servicios ambientales, sumado a esto al dejar expuesto el suelo por la pérdida de la vegetación se generaría una modificación del suelo, que junto con un mal manejo de los residuos generados se incrementaría a mediano y largo plazo la degradación del suelo.

En el caso del componente hídrico, este también se vería drásticamente afectado al no implementar medidas de mitigación, ya que los arroyos por lo que cruza el proyecto se podrían ver contaminados por grasas y aceites, además del arrastre de residuos sólidos urbanos, lo cual podría impactar directamente en especies de anfibios como el ajolote (*Ambystoma rivulare*), así como las especies de ranas que se encuentran estrechamente ligadas a los cuerpos de agua como son la rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*) y la rana de árbol mexicana de montaña (*Dryophytes eximius*), lo cual podría desencadenar a mediano y largo plazo la desaparición de estas especies.

En cuanto a la cubierta vegetal y su naturalidad, esta se vería modificada y fuertemente impactada en los tramos en los que presenta un mejor estado de conservación ya que al no limitar las actividades a la línea de ceros, la afectación puede ir más allá de lo necesario para la realización de la modernización, y no se llevaría a cabo la compensación por el derribo de la cubierta vegetal, con lo cual disminuyen los servicios ambientales que brinda, por lo que dicho impacto permanecería a mediano y largo plazo.

En el caso de la presencia de ganado y cultivos son actividades que se han realizado en el área desde hace décadas, de tal forma que el implementar el proyecto sin medidas de mitigación estos seguirían con los mismos valores o incluso podrían llegar a incrementarse.

En el caso de la fauna al implementar el proyecto sin medidas de mitigación la riqueza y diversidad de especies se vería disminuida, principalmente de las especies de anfibios y reptiles, de las cuales un gran número de las especies que se distribuyen en el área presentan una distribución restringida por lo que son endémicas, generalmente estos grupos suelen ser los más afectados durante las etapas de desmonte y despalme, por lo que al no realizar el rescate de las especies de fauna, las poblaciones de estas especies podrían disminuir drásticamente a tal grado de desaparecer a mediano y largo plazo, esto sumado a que muchas de las especies de culebras suelen ser asesinadas por los trabajadores y pobladores debido a que se les consideran especies venenosas, como es el caso de la culebra listonada de montaña cola larga (*Thamnophis scalaris*) y la culebra listonada cola de montaña cola corta (*Thamnophis scaliger*), por lo que al no existir medidas como son las pláticas de concientización ambiental en las cuales se les hace saber de la importancia de las especies en el ecosistema, además de desmentir falsas creencias que impactan negativamente en estas especies, se vería

incrementada la muerte de organismos durante los trabajos, de igual forma al no existir restricciones para los trabajos se podría presentar la captura de especies para venta de mascotas, como es el caso del clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*) el cual es una especie que frecuentemente es capturado para venta como ave de ornato, actividad que afecta gravemente a las poblaciones de esta especie. Por otro lado, la fragmentación y pérdida de hábitat es la principal amenaza para la mayoría de las especies de fauna, de tal forma que la afectación de la vegetación está estrechamente ligada con la afectación hacia la fauna, por lo que, al no limitar las actividades a la superficie requerida por el proyecto, el derribo de vegetación fuera de la línea de ceros incrementaría la pérdida y fragmentación del hábitat.

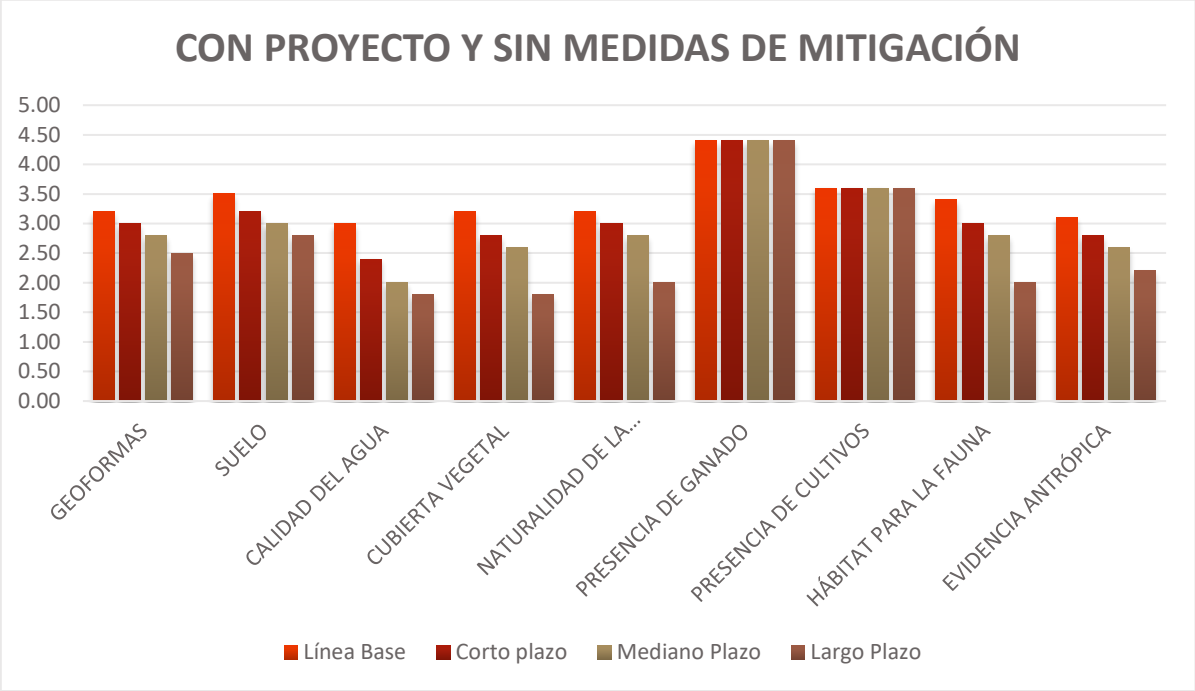


Figura 2. Tendencias de la calidad ambiental de los factores en los pronósticos del escenario con proyecto y sin medidas de mitigación.

VII.2.3 Descripción y Análisis del Escenario con proyecto y con medidas de mitigación

Con la implementación de las medidas de mitigación, reducción y compensación propuestas durante la ejecución del proyecto, la calidad ambiental de los componentes ambientales se verá mejorada, y en el caso de aquellos en los que resulte complejo mejorar su capacidad, funcionamiento/o recuperación, debido a la fragmentación o tendencias de desarrollo del área, se procurará que se mantengan en las condiciones en las que actualmente se encuentran, de tal forma que se pretende que el proyecto no cause afectación o disminución de la calidad ambiental que actualmente presenta el área.

De forma que, con la implementación de medidas como el manejo adecuado de los residuos generados, la capacitación del personal, así como el correcto almacenamiento y disposición de los residuos peligros y de manejo especial, se llevará a cabo la protección y conservación del componente hídrico, por lo que se mantendrán las características del Arroyo Hondo, Arroyo Agua Zarca, Río Palo Amarillo, Río Carboneras y Río Verde, los cuales son las principales corrientes perennes en el área de influencia. De igual manera para garantizar la integridad de dichas corrientes, todos los almacenes y obras provisionales se instalarán en sitios que se encuentren alejados de cualquier corriente de agua en una distancia mínima de 200m, para evitar que se presenten derrames o contaminación con residuos sólidos urbanos por un mal manejo por parte de los operadores de las pipas o maquinaria, estará prohibida la extracción de agua de cualquier corriente por las que cruza el proyecto y que los vehículos y/o maquinaria cruce por los cauces, para evitar que con los trabajos se azolven las escorrentías previo a los trabajos de excavación se colocarán trampas de sedimentos, de esta forma se mantendrán las características, así como los parámetros de las corrientes de agua, por lo que se asegura que especies sensibles como los anfibios, que son totalmente dependientes de los cuerpos de agua ya sea en alguna de sus etapas de desarrollo como es el caso la rana de árbol de montaña (*Dryophytes eximius*) y la rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*) o que desarrollen todo su ciclo de vida en el agua como el ajolote arroyero de Toluca (*Ambystoma rivulare*) permanezcan en el área y que sus poblaciones en el SAR se mantengan,.

Así mismo, para asegurar que durante el desarrollo del proyecto se lleve a cabo la protección del suelo, se llevará acabo el manejo y disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos, por lo que, para asegurar el correcto manejo de los residuos, los trabajadores de la obra recibirán capacitaciones, así como platicas de concientización y en el caso de los residuos peligrosos y de manejo especial, el traslado y disposición de estos será realizado por una empresa que cuente con autorización vigente, por lo que se llevará un control estricto mediante manifiestos de entrega-recepción de los residuos peligrosos. Para evitar la erosión principalmente en los taludes, se llevará a cabo la protección de las zonas expuestas mediante la colocación de mallas, así como la revegetación con especies nativas. Asimismo, todas las reparaciones y mantenimiento de los vehículos y maquinaria que sean empleados en la obra se llevarán a cabo en patios y talleres, sin embargo, en caso de que en el área del proyecto se deba realizar alguna reparación emergente para evitar se presente la contaminación del suelo por un derrame, se deberá contar con una capa impermeable que se colocará antes de iniciar dicha reparación.

Por la implementación del proyecto se afectará una superficie de 76.34 hectáreas de vegetación forestal, por lo que se implementará un programa de reforestación mediante el cual se compensará la afectación en una proporción 5 a 1, por lo que se efectuará la reforestación de **381.7 hectáreas**, para la que se considera una densidad 1,100 individuos por hectárea, de tal forma que para la reforestación se emplearán 419,914 individuos, considerando además un 20% adicional para reposición de plantas muertas (83,983 individuos) por lo que en total se consideran **503,897 individuos.** De tal manera que se realizará la reforestación en una superficie mucho mayor a la que será afectada, con lo cual se incrementará significativamente la cobertura vegetal, incrementando así el hábitat para la fauna, además de aumentar los servicios ambientales dentro del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, así como en el APFF Nevado de Toluca.

Para evitar que incendios que se generen en las orillas de la carretera se propaguen hacia las áreas más conservadas del SAR como el ANP se implementarán brechas cortafuegos del

cadenamiento 47+000 al 49+600, del 52+400 al 57+000, y del 71+500 al 74+550, de igual forma se efectuarán acciones de saneamiento forestal en una superficie de **76.34 hectáreas** en sitios en donde la Dirección del Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec considere necesaria su implementación, por lo que estas acciones ayudarán a que la cobertura vegetal mantenga su naturalidad y continue en buen estado.

Al realizar acciones con las que se incrementará la cobertura vegetal las especies de fauna se ven beneficiadas ya que se incrementará el hábitat y se disminuirá la fragmentación del hábitat, el cual es una de las mayores amenazas para la mayoría de las especies, además con la reforestación de las 381.7 hectáreas se incrementará la disponibilidad de sitios de percha para la mariposa monarca, la cual es una especie de gran importancia dentro del ANP, por lo que también se realizará un monitoreo con la finalidad de detectar su presencia en el área del proyecto, así como identificar cuales son las áreas que presentan mayor presencia y determinar los sitios en los que se deberá colocar señalética para alertar a los usuarios sobre la presencia de la mariposa monarca.

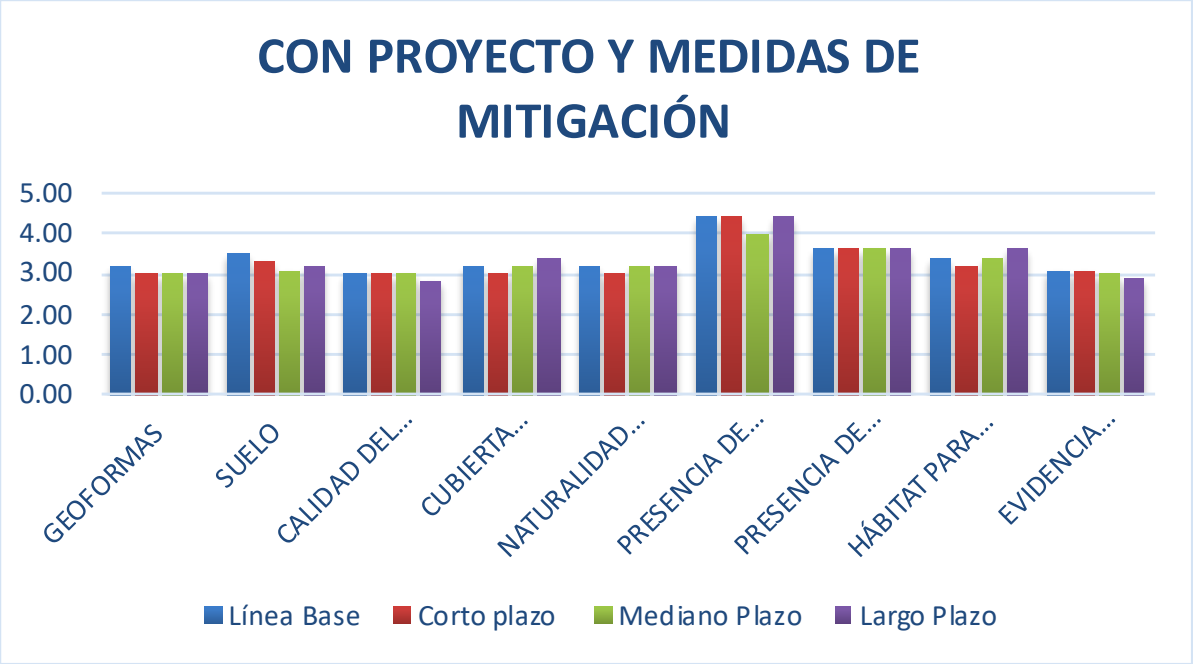


Figura 3. **Tendencias de la calidad ambiental de los factores en los pronósticos del escenario con proyecto y con medias de mitigación.**

VII.2 Pronósticos ambientales

El proyecto se ubica dentro de un Área Natural Protegida, sin embargo, debido a la presencia de asentamientos humanos y sus actividades las zonas por las que atraviesa la carretera presentan grandes presiones, por lo que varias áreas han sido transformadas por zonas agrícolas generando graves impactos en la cobertura vegetal y por lo tanto en la fauna ya que como consecuencia de estas actividades se ha incrementado la pérdida y fragmentación del hábitat, estas actividades también tienen un efecto negativo en la calidad del agua y del suelo.

Con la implementación de las medidas de mitigación principalmente en las zonas con mayor cobertura vegetal los impactos serán disminuidos, ya que estas están enfocadas en prevenir e impedir que se ocasionen daños o que se generen impactos que resulten perjudiciales, de tal forma que con las medidas se reducirá en gran medida los efectos de los impactos ocasionados.

Al implementar la reforestación de las **381.7 hectáreas** como resultado de una compensación en una proporción 5 a 1, así como el resto de las medidas de compensación propuestas, se ayudará a conservar los ecosistemas en las ANP´s de las cuales forma parte el SAR, incrementando el hábitat de la fauna y reduciendo la fragmentación que existe actualmente.

VII.3 Conclusión

El proyecto generará impactos ambientales hacia los diversos componentes que forman parte del ecosistema, sin embargo, con la implementación de las medidas de mitigación los impactos generados se reducirán y en otros casos se evitará su aparición, en el caso de aquellos impactos que no se pueden prevenir, como es el caso de la afectación de vegetación forestal, se realizará una compensación en una proporción 5 a 1, por lo que se efectuará la reforestación de **381.7 hectáreas**, que junto con la implementación de medidas como las brechas cortafuego y las acciones de saneamiento forestal favorecerán el incremento de la calidad ambiental, y esto a su vez tendrá un impacto positivo en la calidad de los servicios ambientales que brindan las ANP´s para los habitantes de la región.

De tal forma, el proyecto prevé y considera en todo momento la protección al medio ambiente, el respeto por los ecosistemas y la protección de las Áreas Naturales Protegidas en las cuales se encuentra embebido el SAR, contribuyendo a la conservación de un medio ambiente sano, y buscando incrementar la calidad de los servicios ambientales, de los cuales depende la población de la región, misma que tiene derecho a dichos servicios, y que por tanto, se verán beneficiados.

CAPÍTULO VIII.- IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 RESUMEN EJECUTIVO

VIII.2 REPORTE FOTOGRÁFICO DEL CAMINO

VIII.3 CATÁLOGO DE FLORA

VIII.4 LISTADO DE FLORA

VIII.5 CATÁLOGO DE FAUNA

VIII.6 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS EXISTENTES

VIII.7 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS DEL PROYECTO

VIII.8 CARTOGRAFÍA

VIII.9 ANEXOS DIGITALES

VIII.9.1 COORDENADAS

VIII.9.1.1 Cadenamientos

VIII.9.1.2 Obras de Drenaje

VIII.9.1.3 Polígonos de CUSTF

VIII.9.1.4 Obras Preliminares

VIII.9.1.5 Polígonos de reforestación

VIII.9.2 KMZ

VIII.9.2.1 Proyecto Toluca-Tejupilco

VIII.9.2.2 Sistema Ambiental Regional

VIII.9.2.3 Área de Influencia

VIII.9.2.4 Polígonos de reforestación

VIII.9.3 Análisis

VIII.9.3.1 Análisis Florístico

VIII.9.3.2 Análisis Comparativo de afectación SAR- CUSTF

VIII.9.3.3 Análisis de biodiversidad de Fauna Silvestre

VIII.9.3.4 Registros históricos de Fauna Silvestre

VIII.9.4 Shape files (SHP)

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

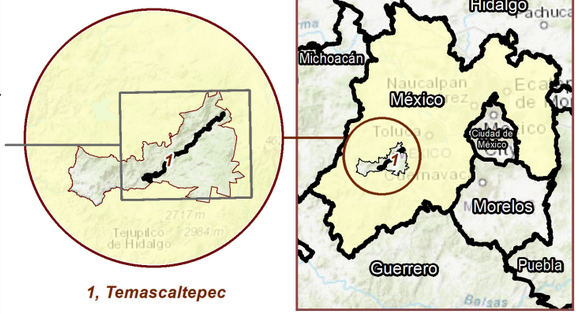
- 1, Temascaltepec

Acuíferos

- TEMASCALTEPEC
- VILLA VICTORIA-VALLE DE BRAVO

29+311.6

74+550.56



1, Temascaltepec

Mapa de Acuíferos

0 3 6 12 Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

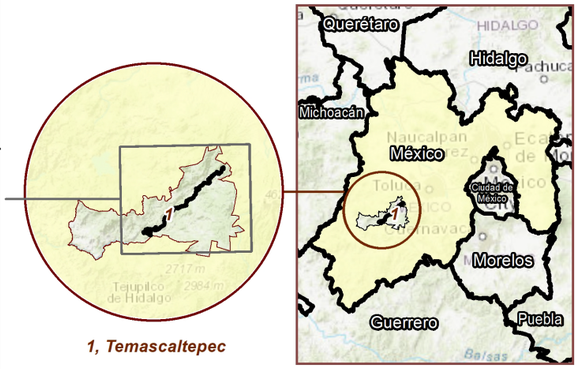
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

AICA

Sierra de Taxco-Nevado de Toluca



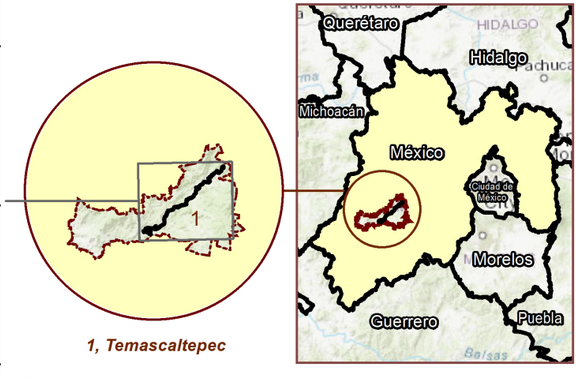
1, Temascaltepec

Mapa de Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional
- Área de Influencia
- Temascaltepec



1, Temascaltepec

Mapa de Área de Influencia

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- 1, Temascaltepec

Áreas Naturales Protegidas

- Nevado de Toluca
- Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec

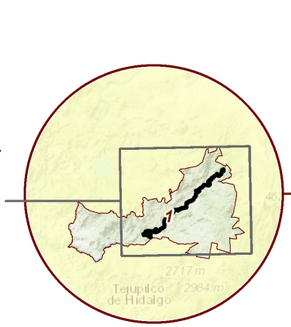
29+311.6

74+550.56

384500 388500 392500 396500 400500 404500 408500 412500

2124500 2120500 2116500 2112500 2108500 2104500

0 3 6 12
Kilómetros



1, Temascaltepec

Mapa de Áreas Naturales Protegidas

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

S i m b o l o g í a

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental

Municipio
- Municipio

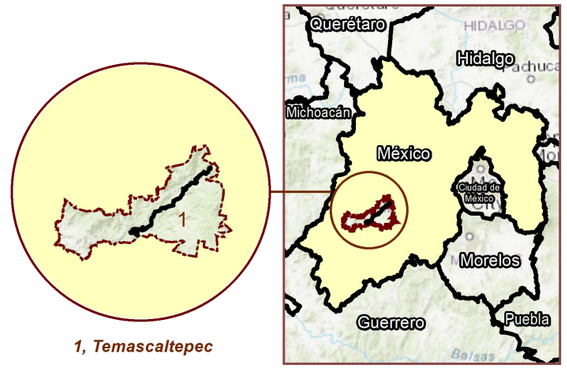
Bancos de Terracerías

- Barrera
- Cerro Gordo
- Cerro Pelon
- El Nevado
- Jiménez Frente Norte
- KM. 86+460
- KM. 98+700
- Lupita
- Moctezuma
- Roca Dura
- Temascaltepec

29+311.6

74+550.56

0 5 10 20 Kilometros



1, Temascaltepec

Mapa de Bancos de Terracerías

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

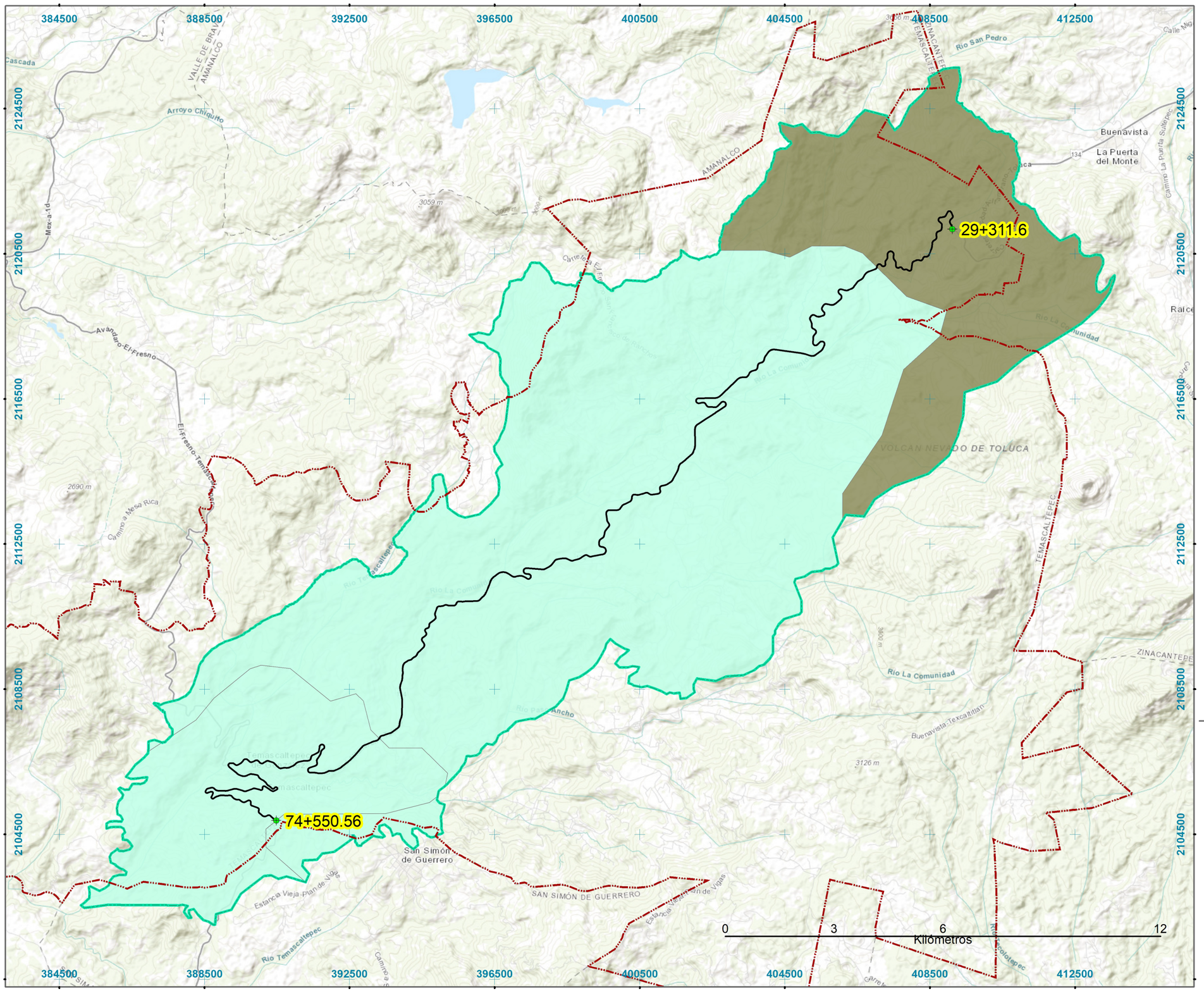
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

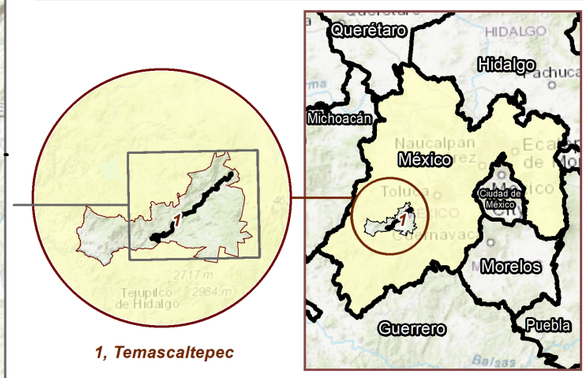
Municipio

- 1, Temascaltepec

Climas

- Semifrío subhúmedo
- Templado subhúmedo

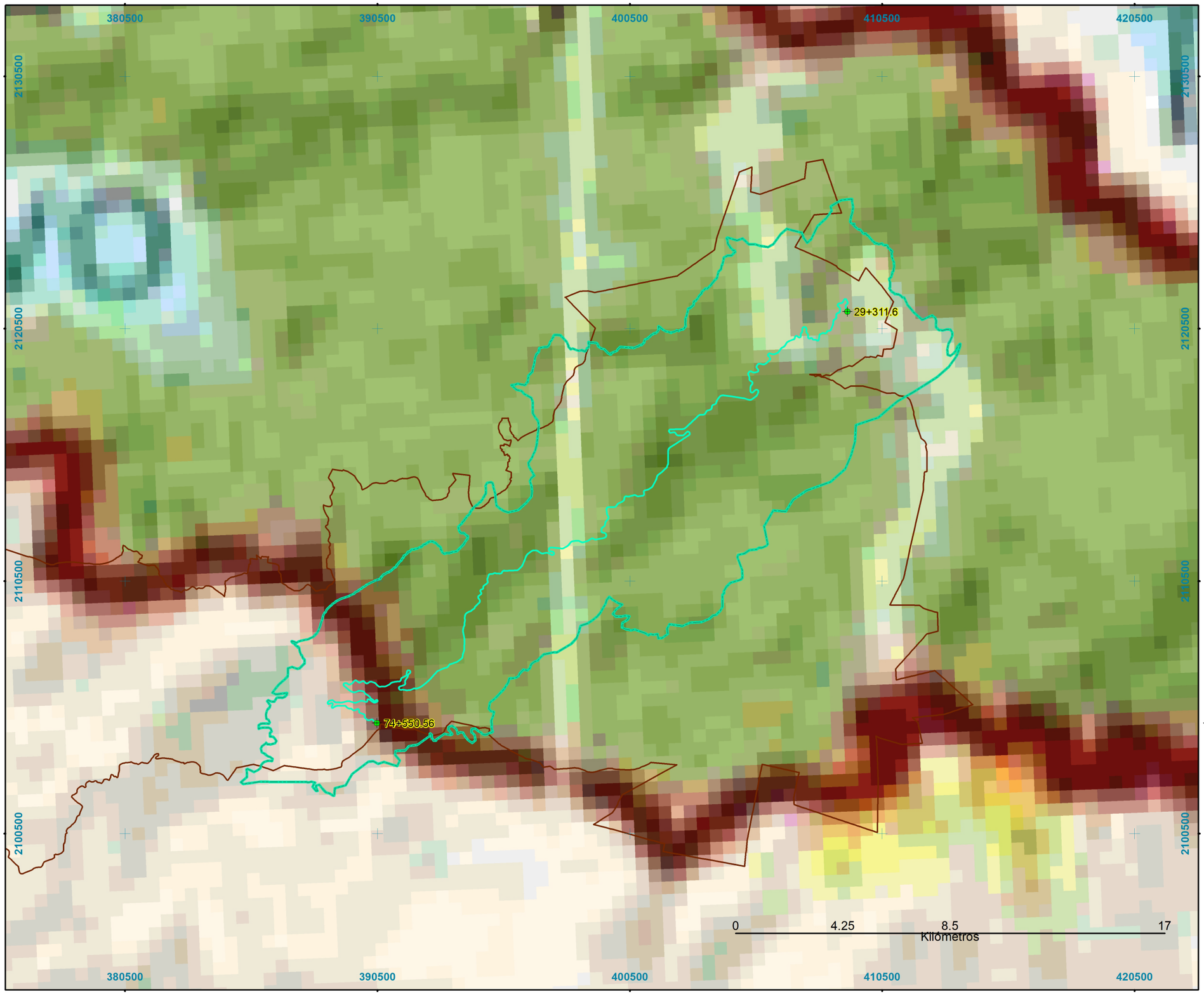




1, Temascaltepec

Mapa de Climas

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO



Simbología

Eje de Proyecto
Sistema Ambiental

Municipio
Temascaltepec

Simbología

Corredores Biológicos Marinos

Corredores Biológicos Terrestres

Áreas Naturales Protegidas en México :

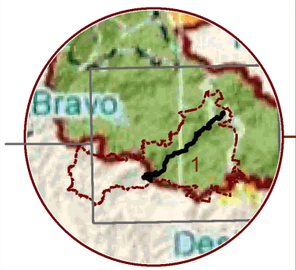
Federales

Estatales

Municipales

Destinada Voluntariamente a la Conservación

H Corredor Biológico del Eje Neovolcánico



1, Temascaltepec



Mapa de Corredor Biológico Mesoamericano-México

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

Sistema Ambiental Regional

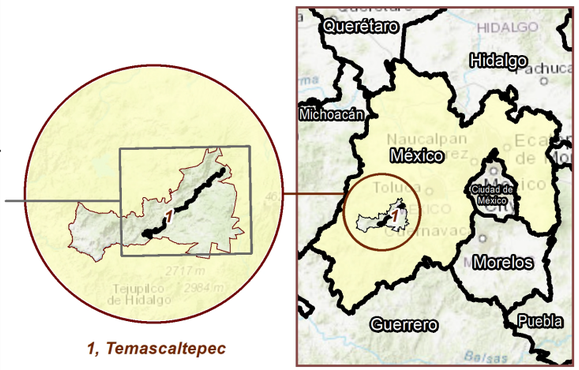
Municipio

1, Temascaltepec

Cuenca Hidrológica

A, R. LERMA - TOLUCA

G, R. CUTZAMALA



1, Temascaltepec

Mapa de Cuenca Hidrológica

0 3 6 12
Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

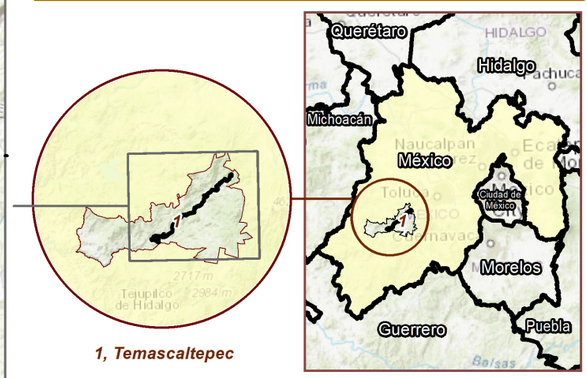
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- 1, Temascaltepec

Degradación de Suelos (CONABIO)

- Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgán
- Erosión hídrica con deformación del terreno
- Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial



1, Temascaltepec

Mapa de Degradación de Suelos (CONABIO)

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

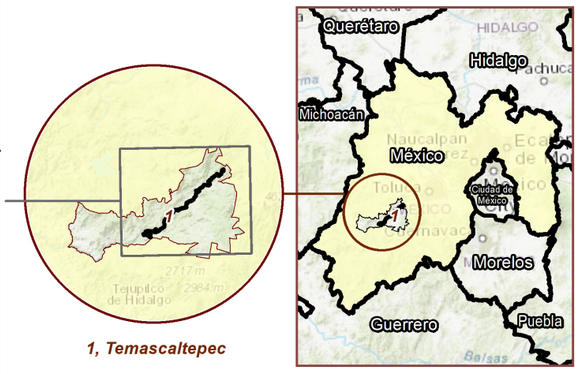
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Edafología

- ANDOSOL
- CAMBISOL
- LEPTOSOL
- LUVISOL
- PHAEOZEM



1, Temascaltepec

Mapa de Edafología

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

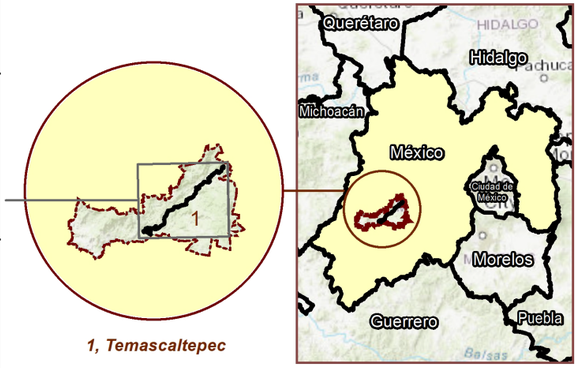
- Localidades Rurales
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- Temascaltepec
- Localidades Urbano-Rurales

Entronques

- La Comunidad I
- La Comunidad II
- Mesón Viejo
- San Antonio A.
- San Francisco Oxtotilpan
- San Mateo Almoloa
- San Sebastian Carboneras I
- San Sebastian Carboneras II
- Tehuastepec
- Valle de Bravo



1, Temascaltepec

Mapa de Entronques

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

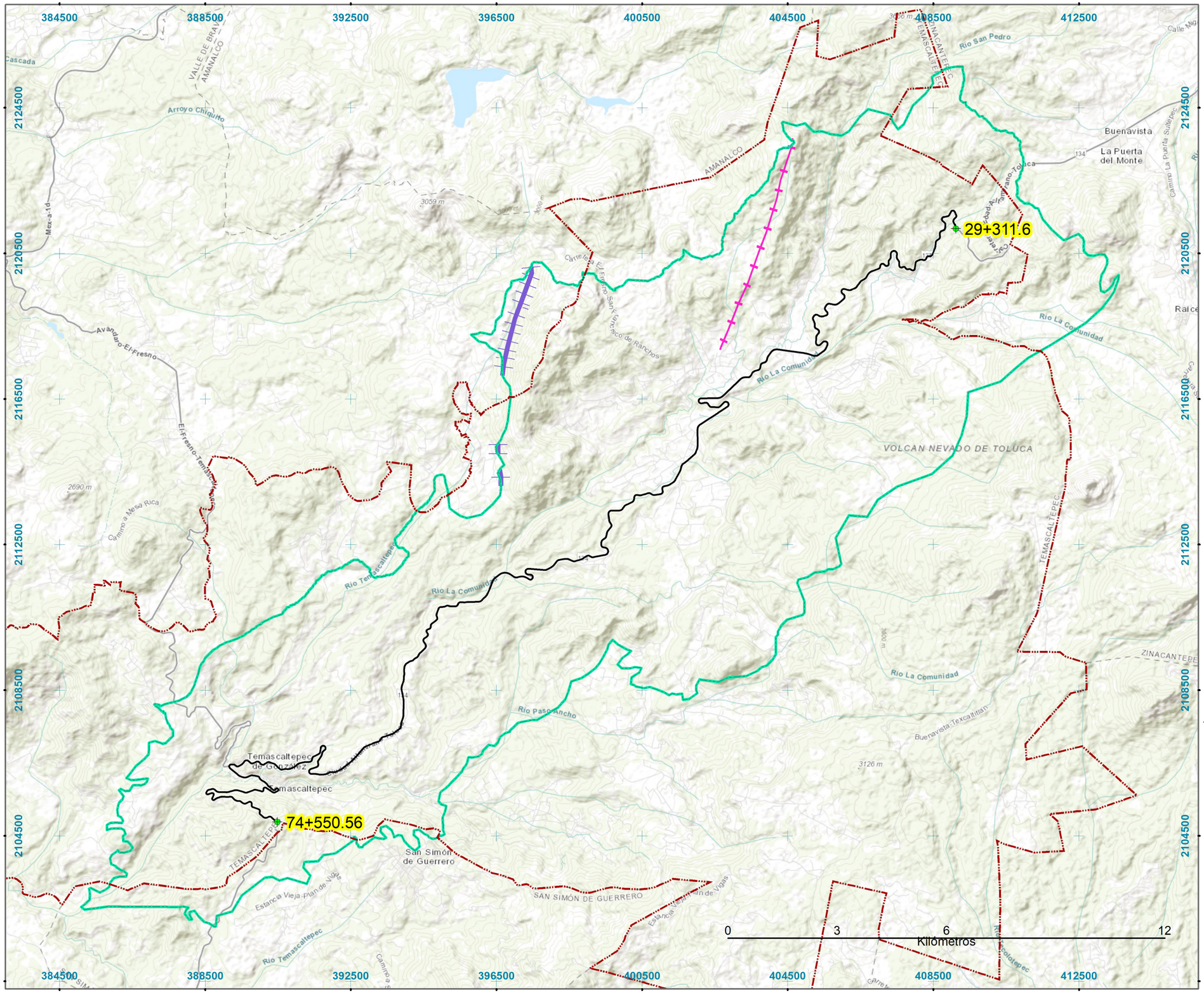
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

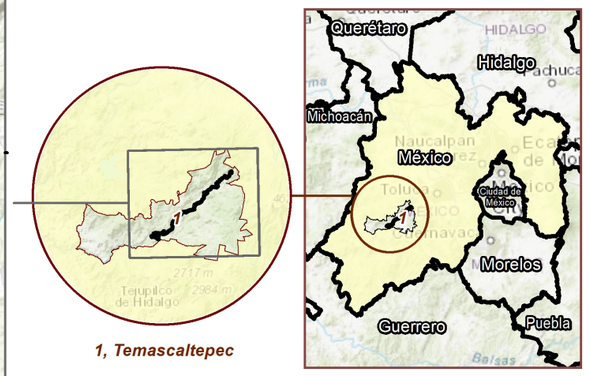
Municipio

- 1, Temascaltepec

Fallas y Fracturas

- Noreste-Suroeste
- Norte-Sur





1, Temascaltepec

Mapa de Fallas y Fracturas

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

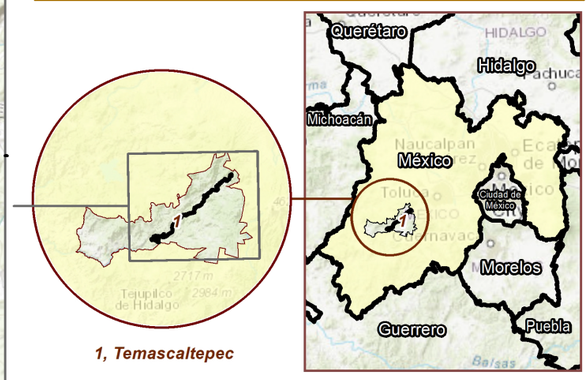
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Registros de Aves

AVES



1, Temascaltepec

Mapa de Fauna (Registros de Aves)

0 3 6 12
Kilómetros

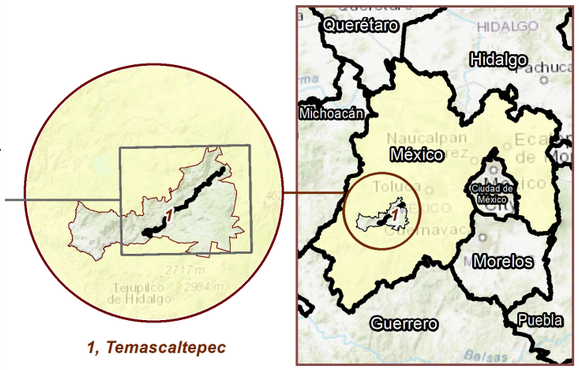
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto
Sistema Ambiental

Municipio
1, Temascaltepec

Registros de Mamíferos
MAMÍFEROS



1, Temascaltepec

Mapa de Fauna (Registros de Mamíferos)

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

Sistema Ambiental Regional

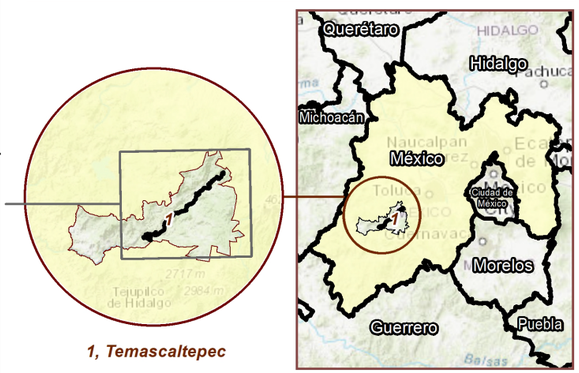
Municipio

1, Temascaltepec

Regustros de Anfibios y Reptíles

ANFIBIOS

REPTILES



1, Temascaltepec

Mapa de Fauna (Registros de Anfibios y Reptíles)

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

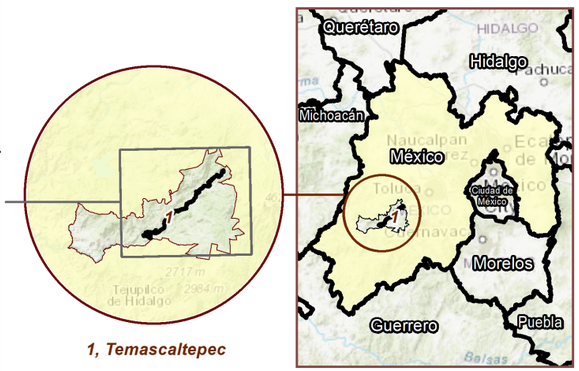
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Geología

- Js-Ki(Ms), Metamórfica, Metasedimentaria
- Q(B), Ignea extrusiva, Basalto
- Q(Bvb), Ignea extrusiva, Brecha volcsnica blsica
- Q(al), N/A, Aluvial
- Ts(A), Ignea extrusiva,
- Ts(Bva), Ignea extrusiva, Brecha volcsnica Tcida
- Ts(Da-Ta), Ignea extrusiva, Dacita-Toba icida
- Ts(R), Ignea extrusiva, Riolita
- Ts(bs), Sedimentaria, Brecha sedimentaria



1, Temascaltepec

Mapa de Geología

0 3 6 12 Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

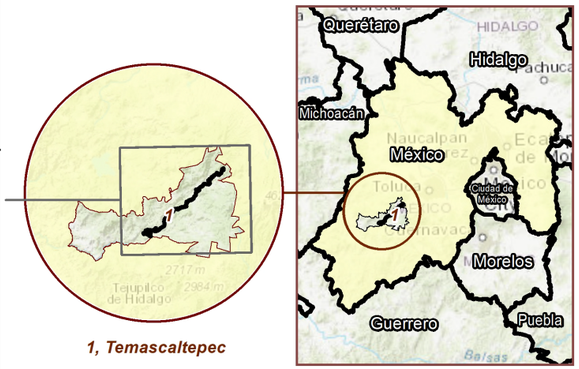
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Localidades Indígenas INEGI-INPI

- Matlatzinc
- Mazateco
- Náhuatl
- Otomí



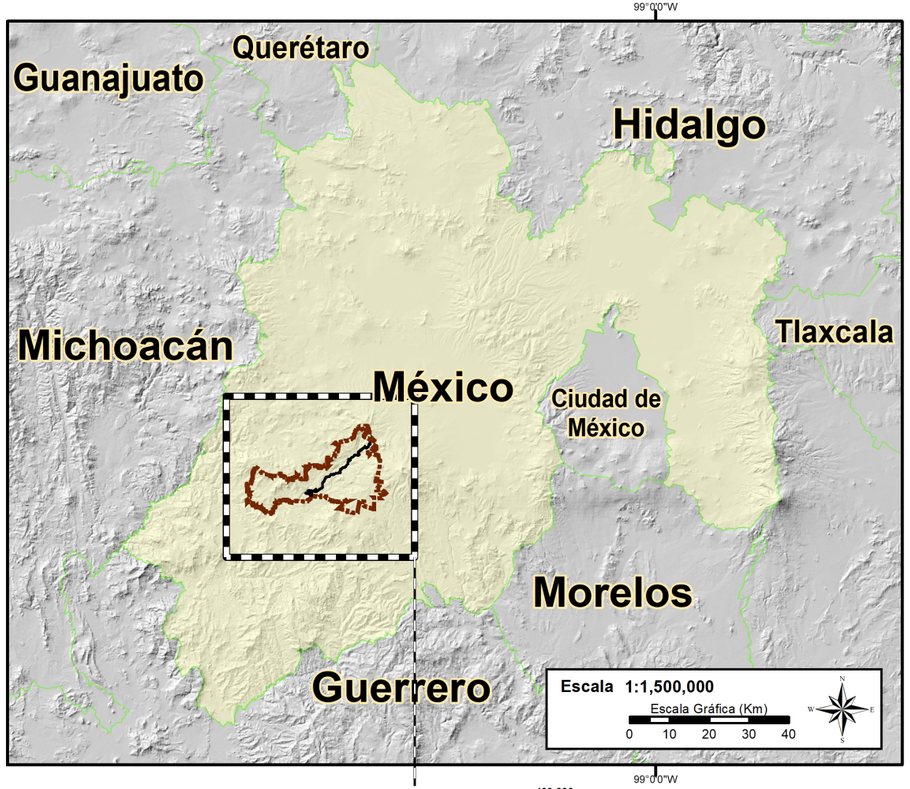
1, Temascaltepec

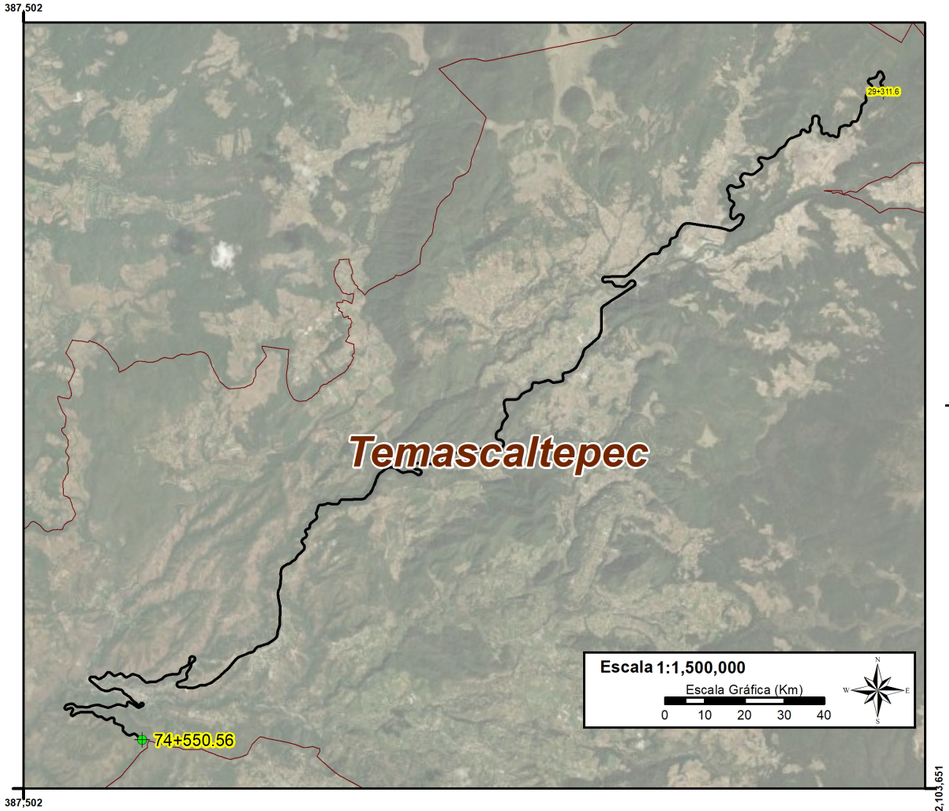
Mapa de Localidades Indígenas INEGI-INPI

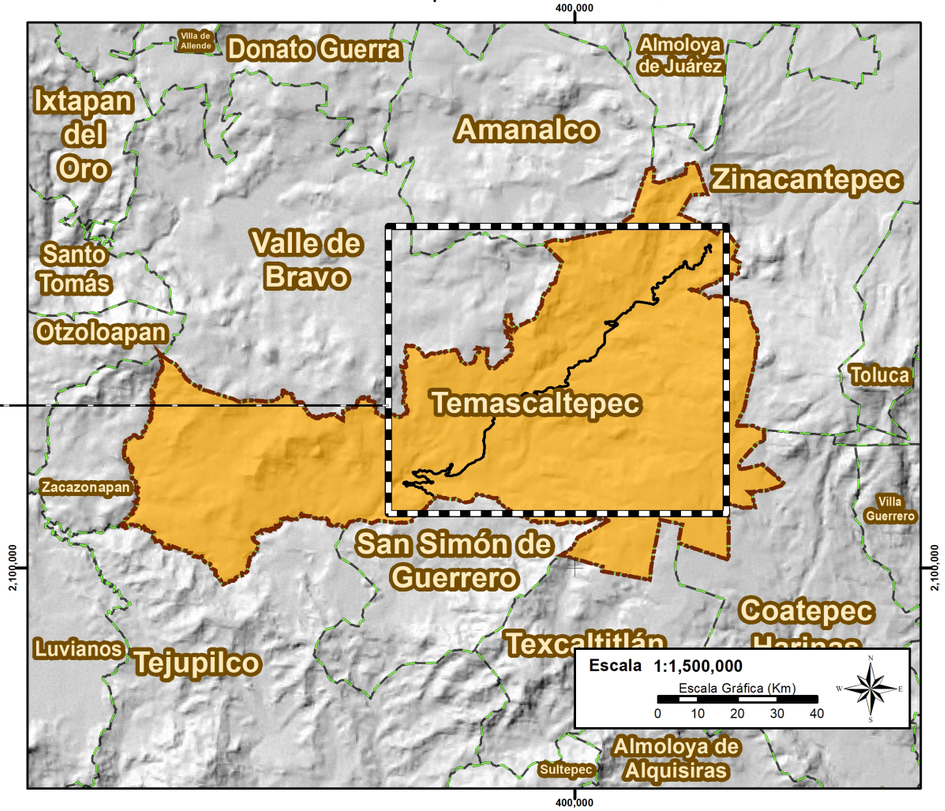
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

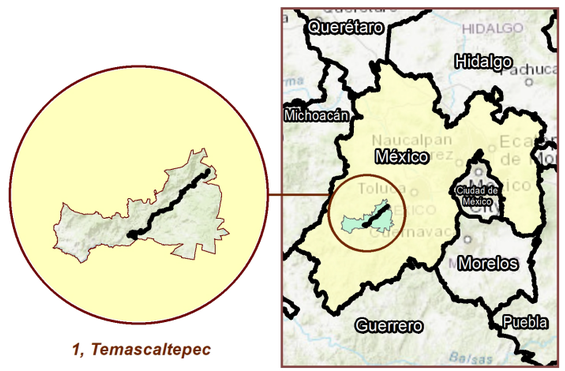
S i m b o l o g í a











1, Temascaltepec

Mapa de Localización

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

S i m b o l o g í a

Eje de Proyecto

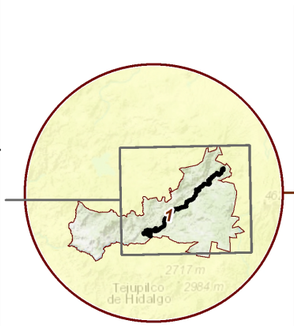
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Microcuencas FIRCO

- Chilero
- LA ALBARRADA (SAN FRANCISCO LA ALBARRADA)
- SAN ANDRES DE LOS GAMA
- SAN ANTONIO
- SAN FRANCISCO OXTOTILPAN
- SAN MATEO ALMOMOLOA
- TEMASCALTEPEC DE GONZALEZ





Mapa de Microcuencas FIRCO

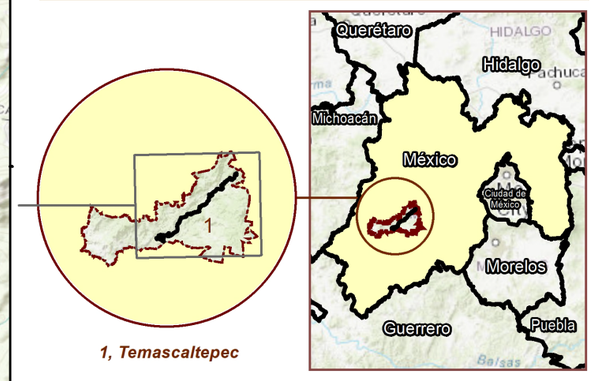
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Localidades Rurales
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional
- Obras de Drenaje

Municipio

- Temascaltepec
- Localidades Urbano-Rurales



1, Temascaltepec

Mapa de Obras de Drenaje

0 2.75 5.5 11
Kilómetros

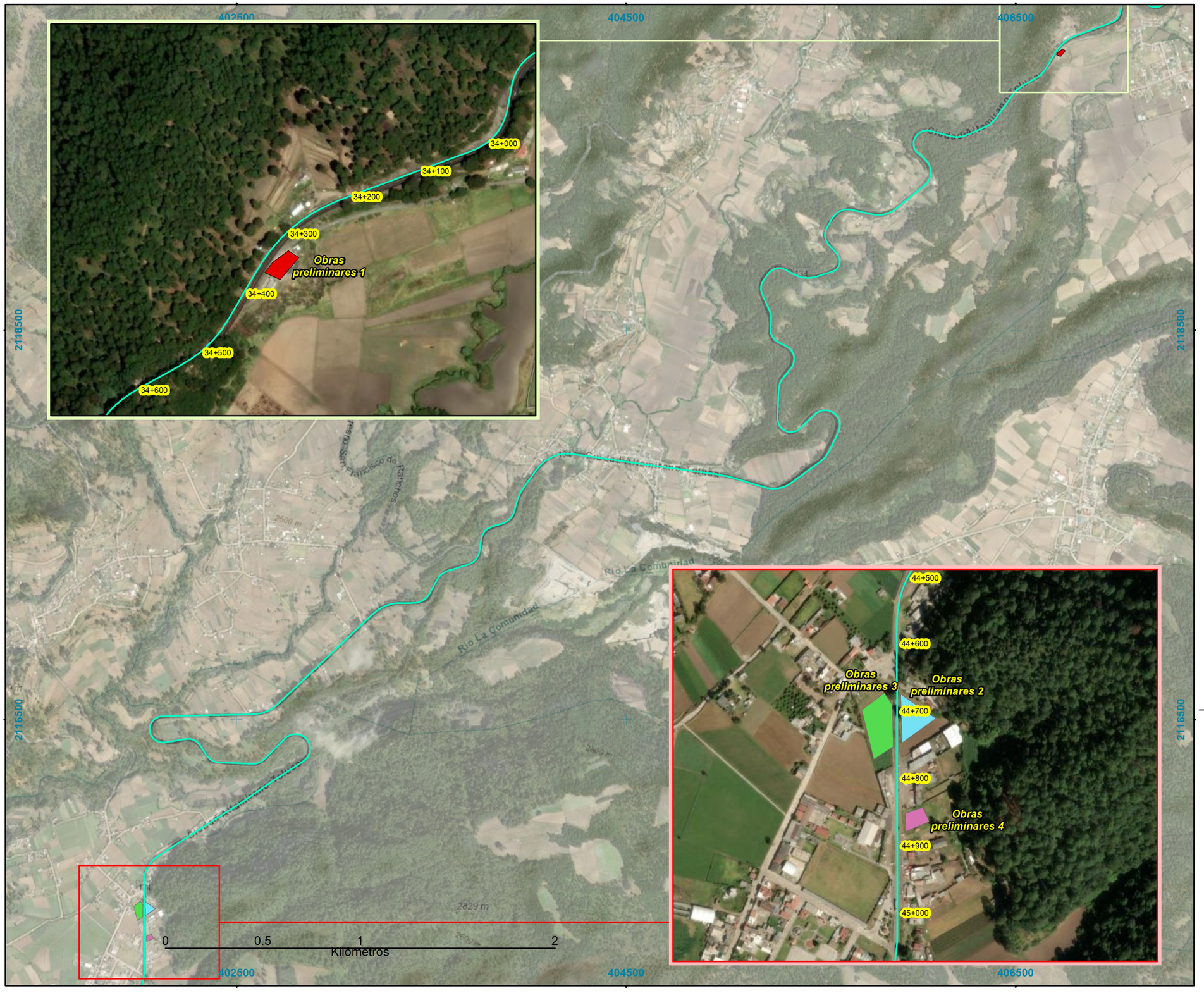
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

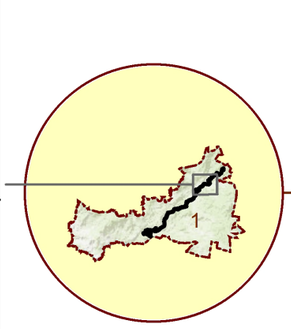
Simbología

Eje de Proyecto
Sistema Ambiental Regional

Municipio
Municipio

Obras preliminares.
- Obras preliminares 1
- Obras preliminares 2
- Obras preliminares 3
- Obras preliminares 4





1, Temascaltepec



Mapa de Obras Preliminares

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

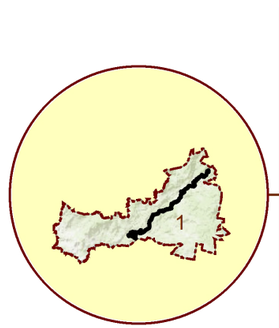
- Eje de Proyecto
- Localidades Rurales
- Localidades Urbano-Rurales

Municipio

- Temascaltepec

- Sistema Ambiental Regional
- Línea de Ceros
- Derecho de Vía

- Polígonos Forestales



1, Temascaltepec



Mapa 1 de 4 de Polígonos Forestales

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

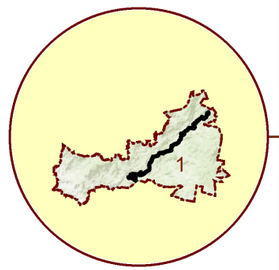
- Eje de Proyecto
- Localidades Rurales
- Localidades Urbano-Rurales

Municipio

- Temascaltepec

- Sistema Ambiental Regional
- Línea de Ceros
- Derecho de Vía

- Polígonos Forestales



1, Temascaltepec



Mapa 2 de 4 de Polígonos Forestales

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

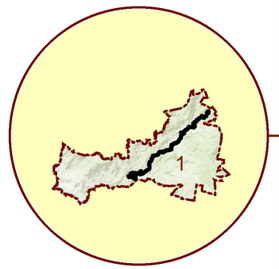
Simbología

- Eje de Proyecto
- Localidades Rurales
- Localidades Urbano-Rurales
- Sistema Ambiental Regional
- Línea de Ceros
- Derecho de Vía

Municipio

- Temascaltepec

- Polígonos Forestales



1, Temascaltepec



Mapa 3 de 4 de Polígonos Forestales

INGENIERÍA EN INFRAESTRUCTURA PORTUARE S.A. DE C.V.

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

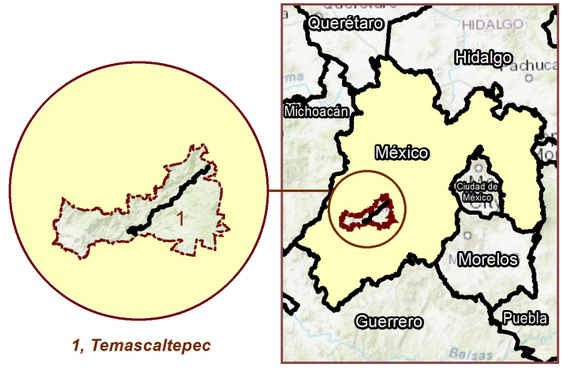
Simbología

- Eje de Proyecto
- Localidades Rurales
- Localidades Urbano-Rurales
- Sistema Ambiental Regional
- Línea de Ceros
- Derecho de Vía

Municipio

- Temascaltepec

- Polígonos Forestales



1, Temascaltepec

Mapa 4 de 4 de Polígonos Forestales

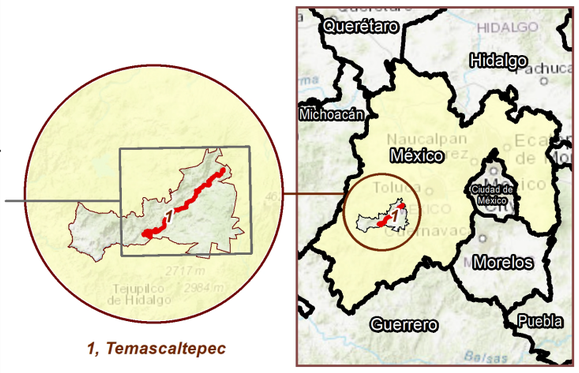
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional
- **Municipio**
  - 1, Temascaltepec

POETEM 2023

- ANPE-062, ANP Estatal
- ANPF-009, ANP Federal
- ANPF-010, ANP Federal
- U-106, Zonas Urbanas-Urbanizables
- U-55, Zonas Urbanas-Urbanizables
- U-56, Zonas Urbanas-Urbanizables
- UGA-0779, Conservación - Restauración
- UGA-0792, Conservación
- UGA-0829, Restauración
- UGA-0868, Aprovechamiento sustentable - Restauración
- UGA-0874, Protección
- UGA-0917, Conservación - Restauración



Mapa de Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM)

0 3 6 12
Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

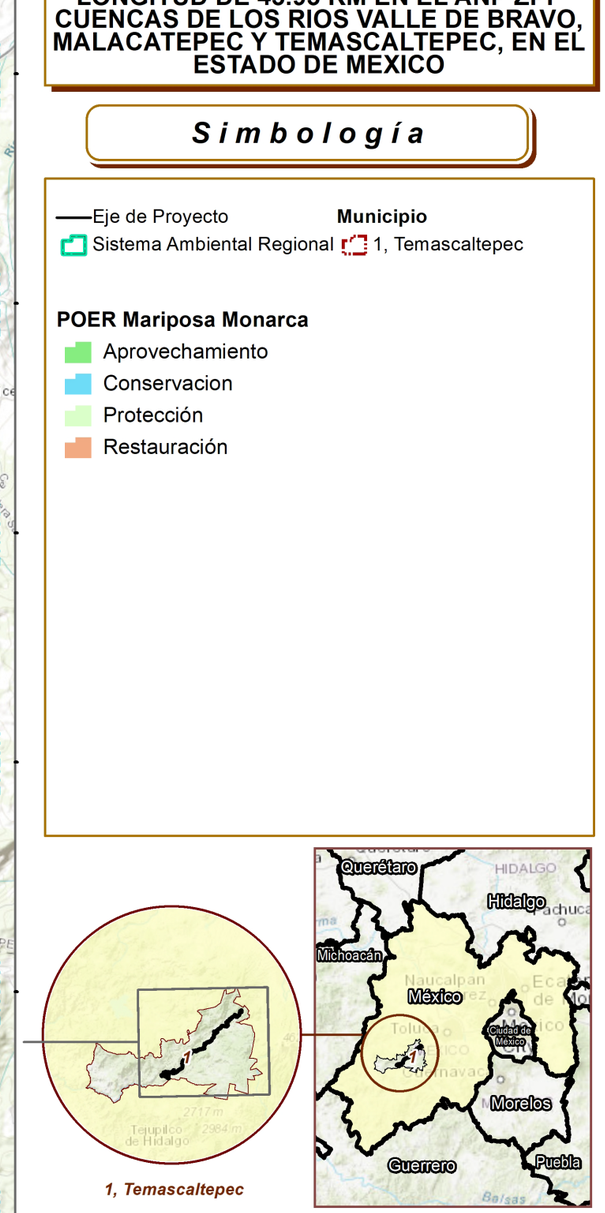
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- 1, Temascaltepec

POER Mariposa Monarca

- Aprovechamiento
- Conservacion
- Protección
- Restauración



Mapa de Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Mariposa Monarca

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

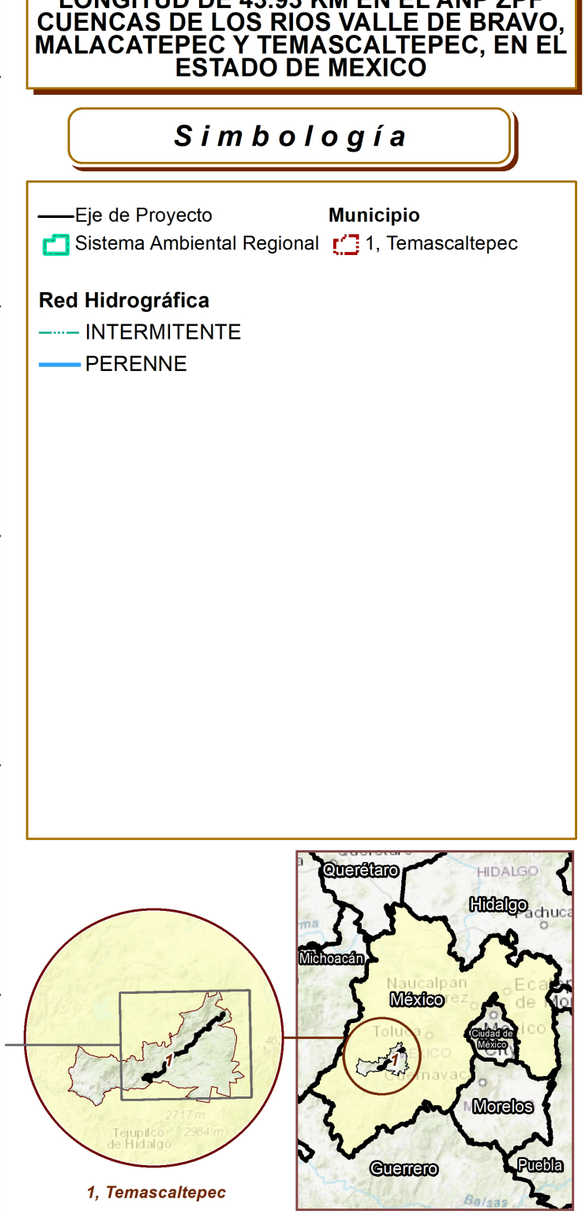
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- 1, Temascaltepec

Red Hidrográfica

- INTERMITENTE
- PERENNE



Mapa de Red Hidrográfica

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- **Municipio**
  - Temascaltepec
  - Sistema Ambiental Regional
- Región Hidrológica Prioritaria RHP

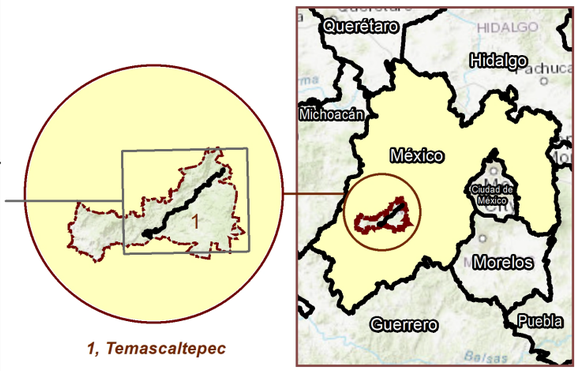
RHP: Cabecera del Río Lerma

RHP: Lagos cráter del Nevado de Toluca

Long: 3.9 km

29+311.6

74+550.56



1, Temascaltepec

Mapa de Región Hidrológica Prioritaria RHP

0 2.75 5.5 11
Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

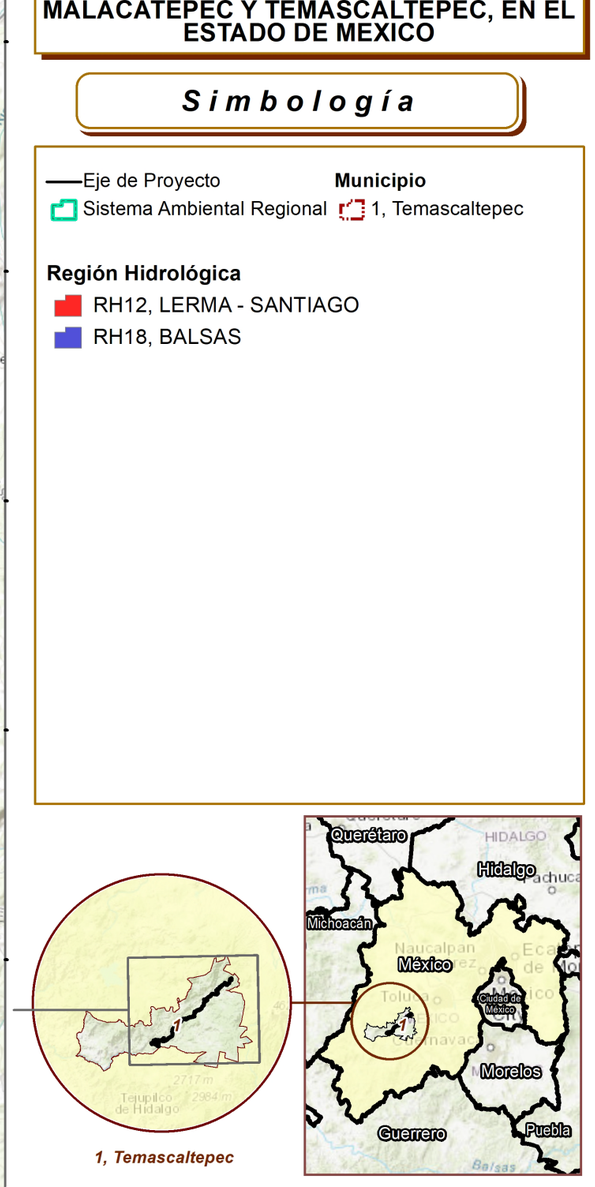
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

- 1, Temascaltepec

Región Hidrológica

- RH12, LERMA - SANTIAGO
- RH18, BALSAS



1, Temascaltepec

Mapa de Región Hidrológica

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

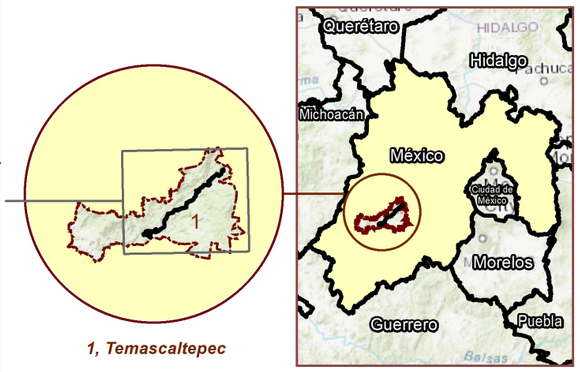
S i m b o l o g í a

——Eje de Proyecto **Municipio**

- Temascaltepec
- Sistema Ambiental Regional

Región Terrestre Prioritaria RTP

- Nevado de Toluca



1, Temascaltepec

Mapa de Región Terrestre Prioritaria RTP

0 2.75 5.5 11
Kilómetros

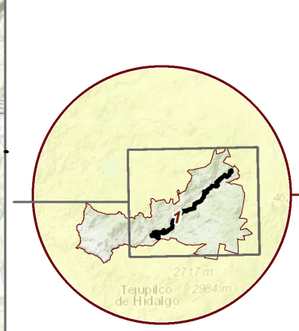
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental

Municipio
- 1, Temascaltepec

Registro Histórico de Fauna
- Anfibios
- Aves
- Mamíferos
- Reptiles



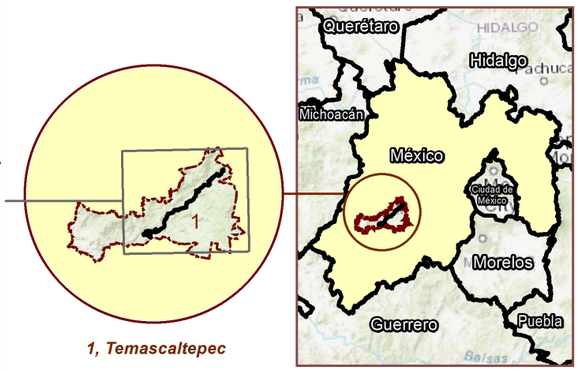
1, Temascaltepec

Mapa de Registro Histórico de Fauna

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional
- **Municipio**
  - Temascaltepec
- Registros de Mariposa Monarca



1, Temascaltepec

Mapa de Registros de Mariposa Monarca

0 2.75 5.5 11
Kilómetros

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio

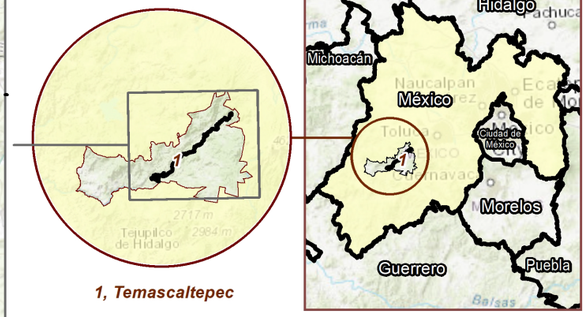
- 1, Temascaltepec

Sistema de Topoformas

- LOMERÍO DE BASALTO CON MESETAS
- SIERRA ALTA COMPLEJA CON CAÑADAS
- SIERRA VOLCÁNICA CON ESTRATO VOLCANES O ESTRATO VOLCANES AISLADOS

29+311.6

74+550.56



1, Temascaltepec

Mapa de Sistema de Topoformas

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

Eje de Proyecto

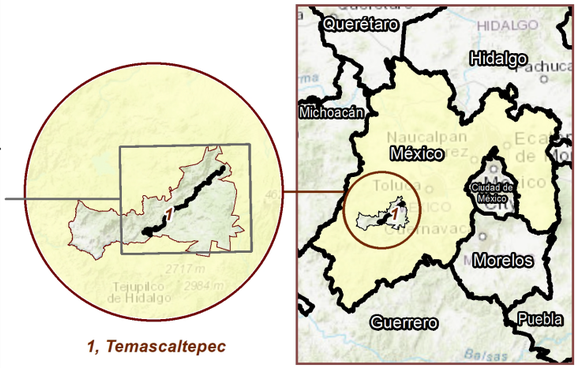
Sistema Ambiental Regional

Municipio

1, Temascaltepec

Sitios de Muestro de Flora

- AP1
- AP10
- AP11
- AP12
- AP13
- AP14
- AP2
- AP3
- AP4
- AP5
- AP6
- AP7
- AP8
- AP9
- SAR01
- SAR02
- SAR03
- SAR04
- SAR05
- SAR06
- SAR07
- SAR08
- SAR09
- SAR10
- SAR11
- SAR12
- SAR13
- SAR14



Mapa de Sitios de Muestro de Flora

0 3 6 12 Kilómetros

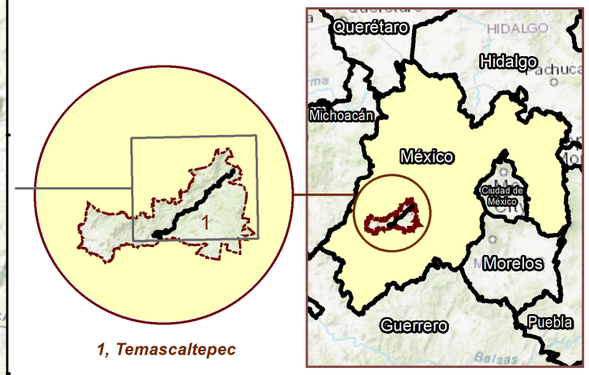
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

Municipio
- Temascaltepec

Polígonos de Reforestación
- Polígono 1
- Polígono 2
- Polígono 3
- Polígono 4
- Polígono 5



1, Temascaltepec

Mapa de Sitios de Reforestación

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

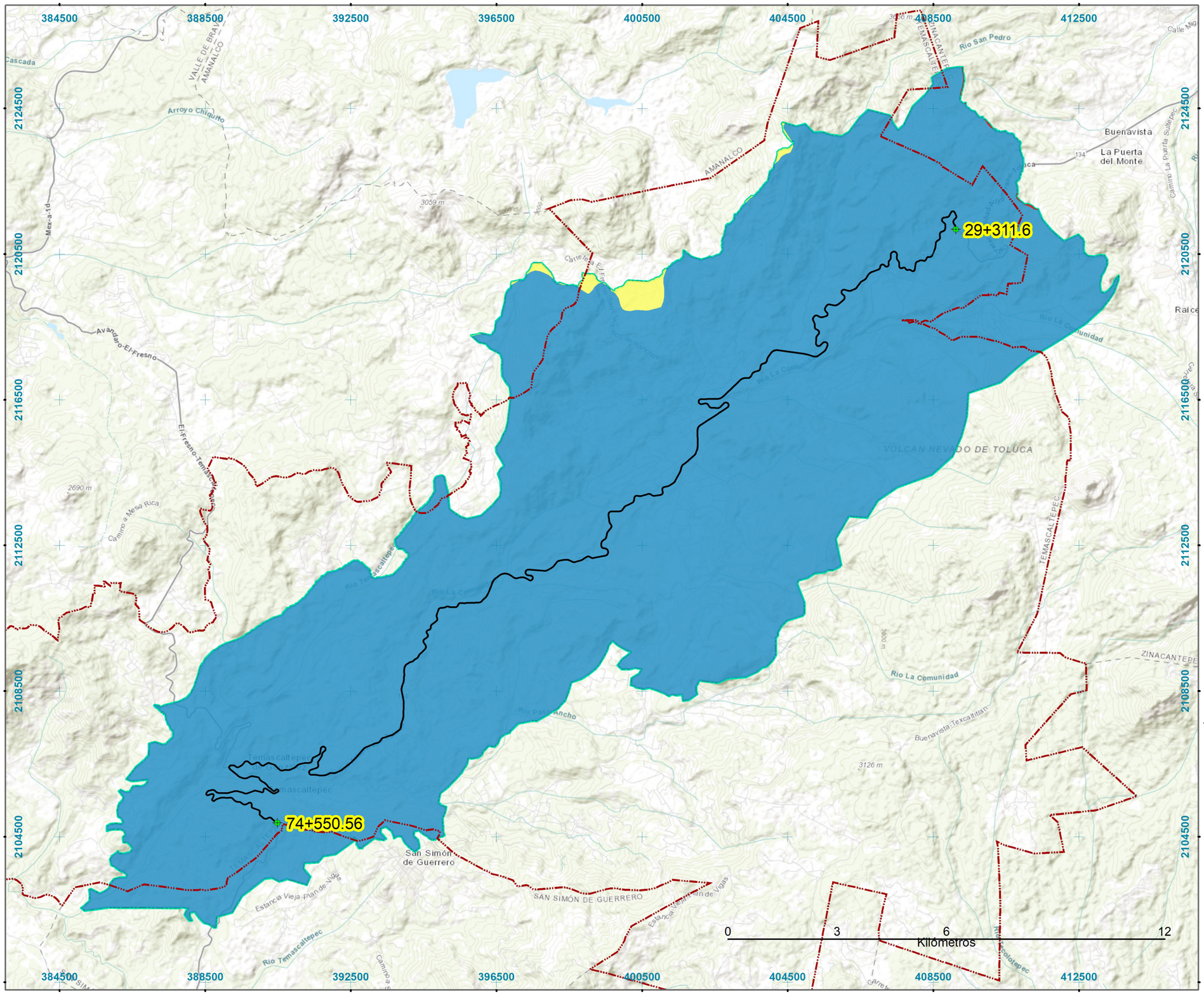
- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental Regional

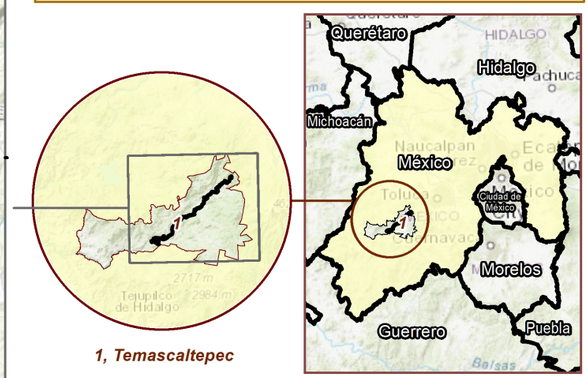
Municipio

- 1, Temascaltepec

Subcuenca Hidrológica

- f, R. Temascaltepec
- g, R. Tilostoc
- j, R. Tejalpa





1, Temascaltepec

Mapa de Subcuenca Hidrológica

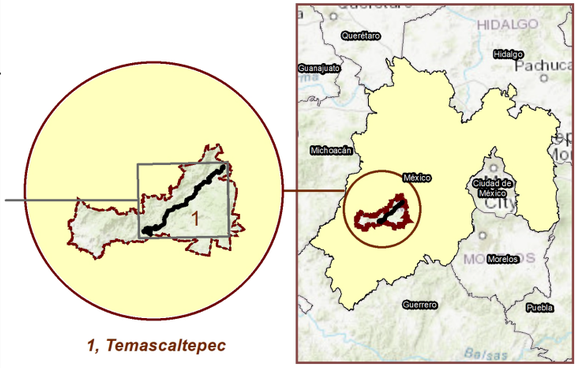
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA TOLUCA - TEJUPILCO, CON LONGITUD DE 43.93 KM EN EL ANP ZPF CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC Y TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO

Simbología

- Eje de Proyecto
- Sistema Ambiental
- Localidades Rurales
- Vias de Comunicación
- Localidades Urbano-Rurales

Municipio

- Temascaltepec



1, Temascaltepec

Mapa General del Proyecto

0 2 4 8 Kilometros



REPORTE FOTOGRÁFICO DEL CAMINO DEL PROYECTO:

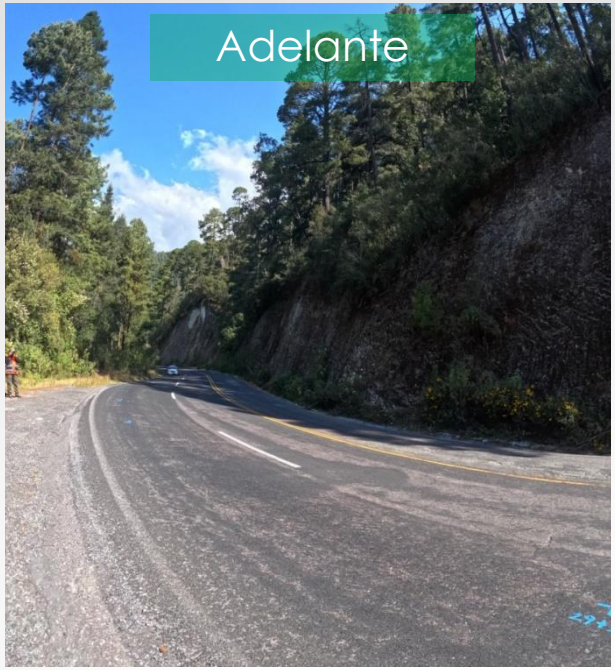
Manifestación de Impacto Ambiental para la Modernización de la carretera Toluca-Tejupilco, con una longitud de 43.93 km en el ANP ZPF Cuenca de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec y Temascaltepec, en el Estado de México.

29+314

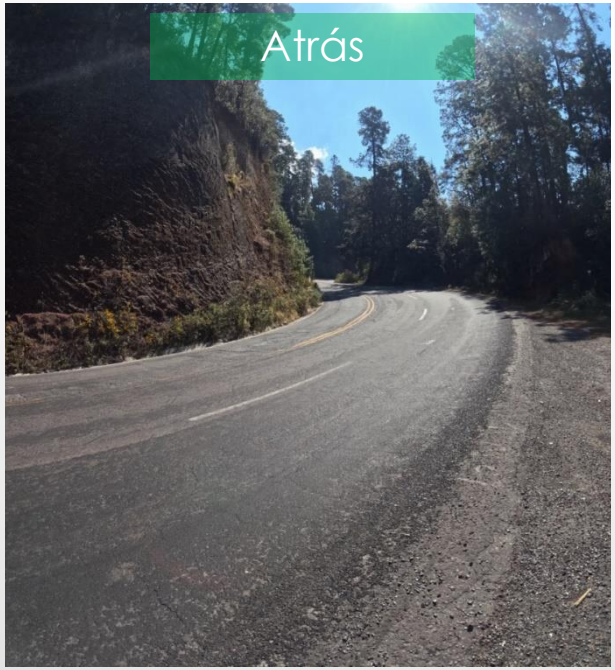
El inicio del presente tramo (29+314 al 73+230.6) para la ampliación de la carretera Toluca-Tejupilco inicia en el cadenamiento 29+314, justo al termino del tramo anterior (16+200 al 29+314, no incluidos para su evaluación en la presente MIA-R).

Coordenada

14Q 0409128 2121176







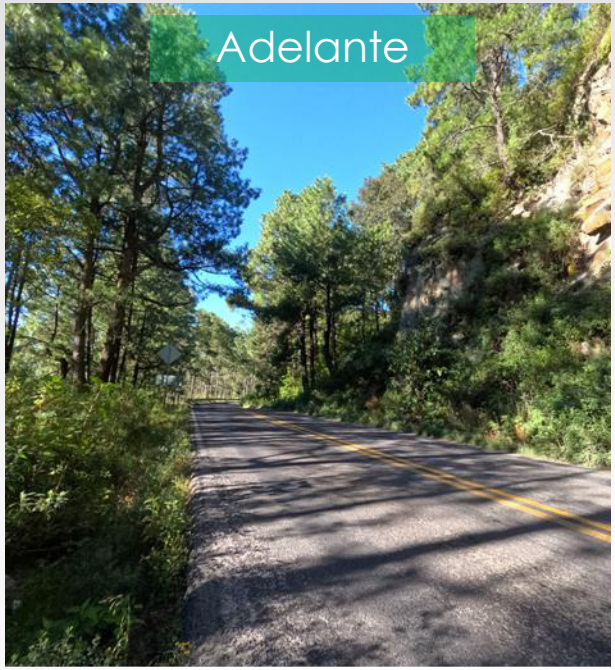


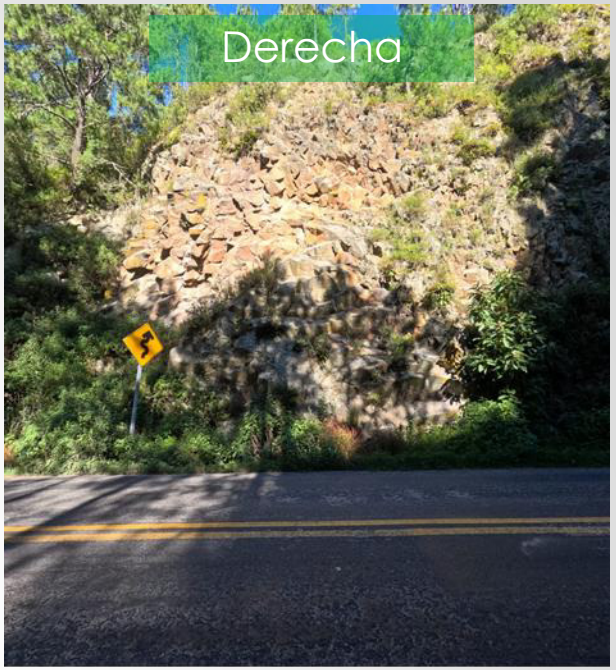
30+000

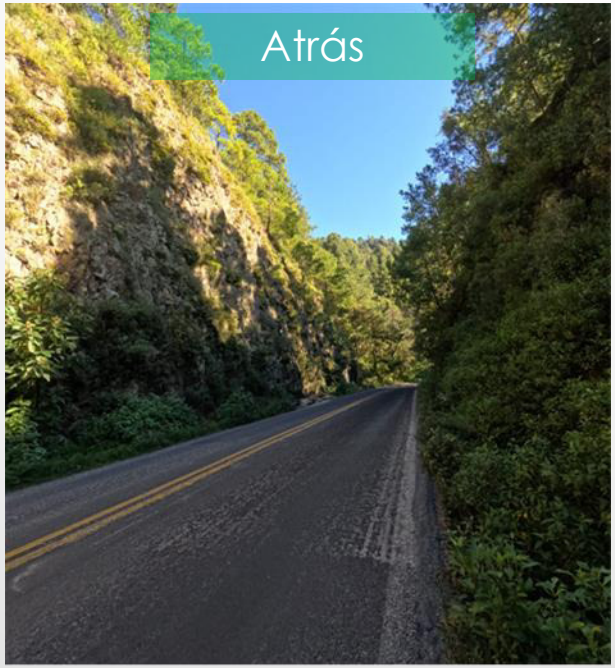
El inicio del presente tramo, el proyecto se encuentra inmerso en la poligonal perteneciente al APFF Nevado de Toluca, de orden federal, donde la Línea de Ceros abarca una superficie mínima de 0.4 ha. La mayoría del trazo ocurre sobre la superficie del APRNC de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, también de orden federal.

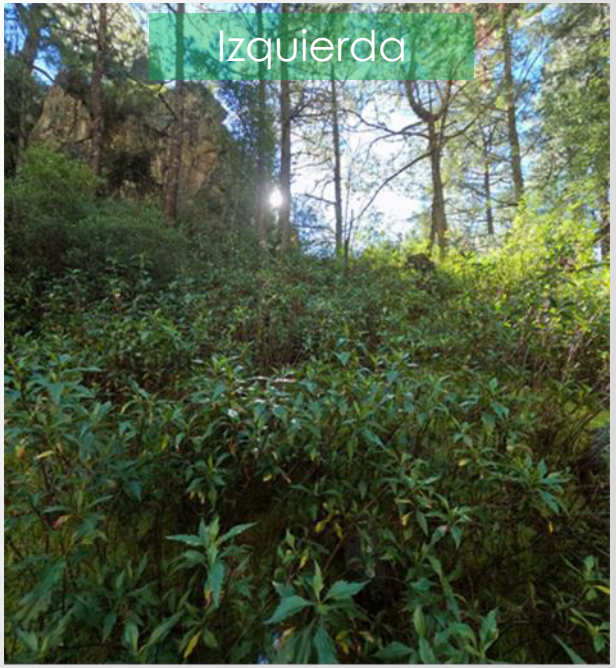
Coordenada

14Q 408962 2121608







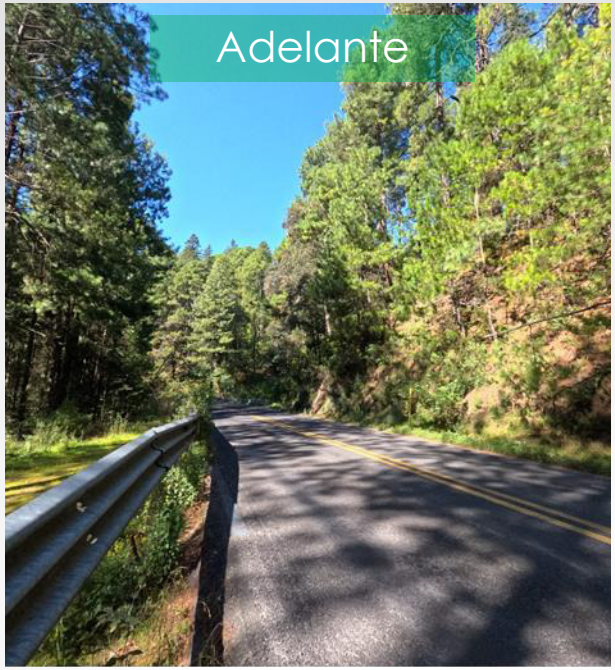


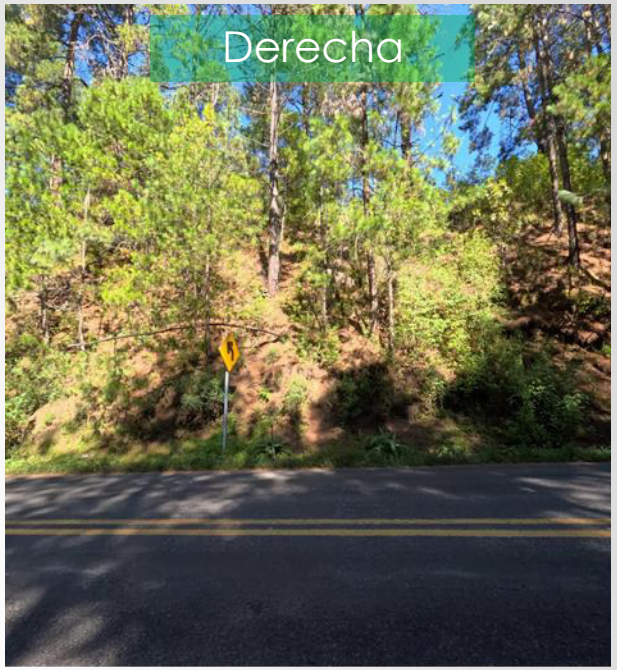
31+000

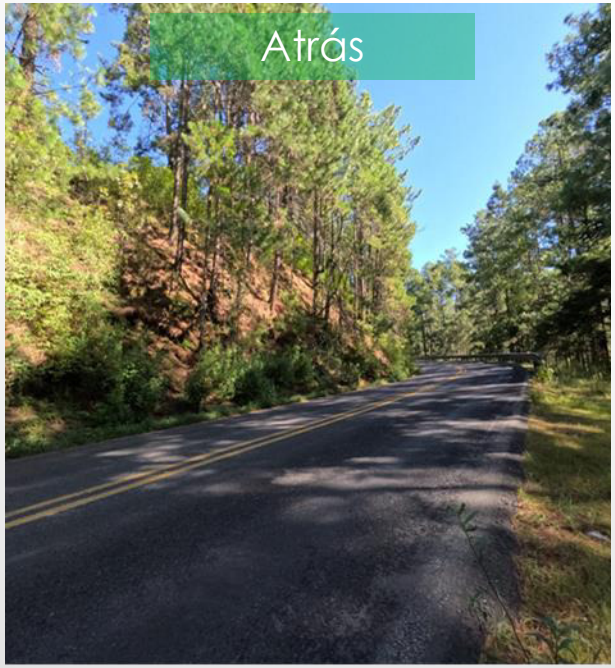
El trazo carretero se encuentra inmerso en vegetación natural de Bosque de pino con presencia de especies como *Pinus montezumae, Pinus oocarpa y Alnus jorullensis.*

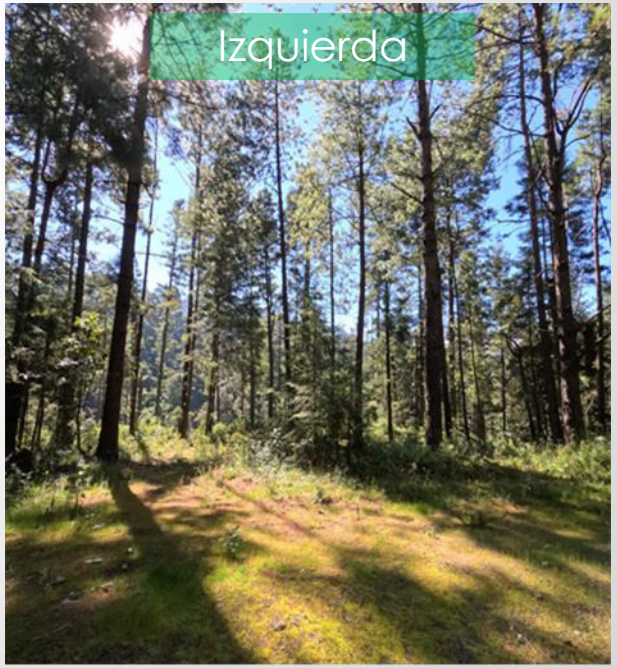
Coordenada

14Q 408644 2120879







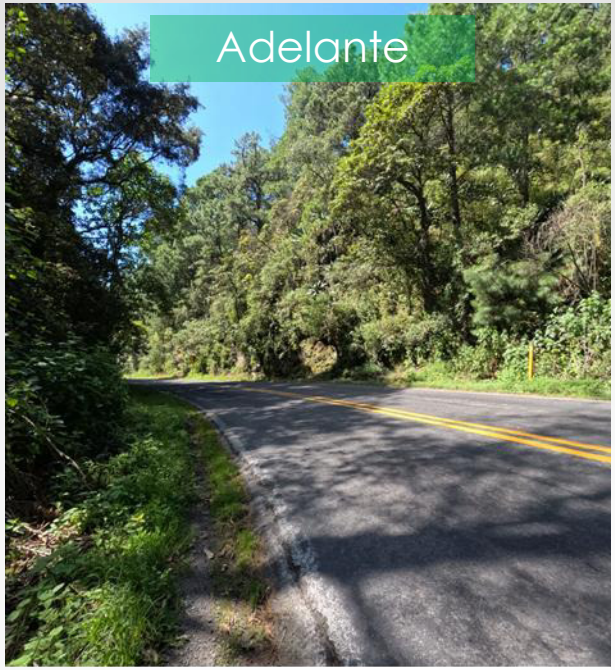


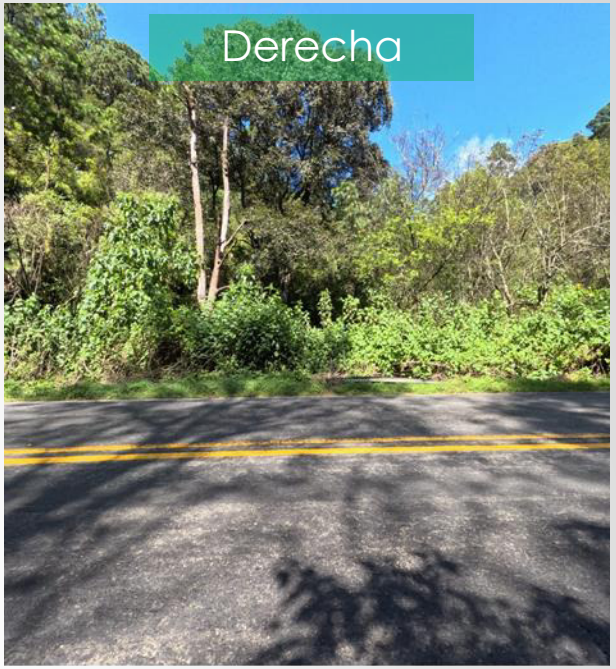
32+000

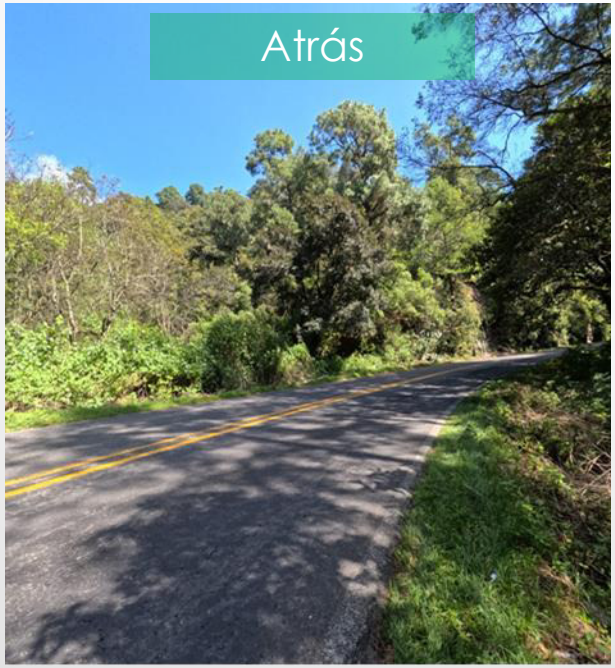
La carretera en este punto se encuentra en adecuado estado de funcionamiento, aunque presenta algunos daños en la carpeta de rodamiento.
Presenta 2 carriles de circulación, uno por cada sentido

Coordenada

14Q 408026 2120263







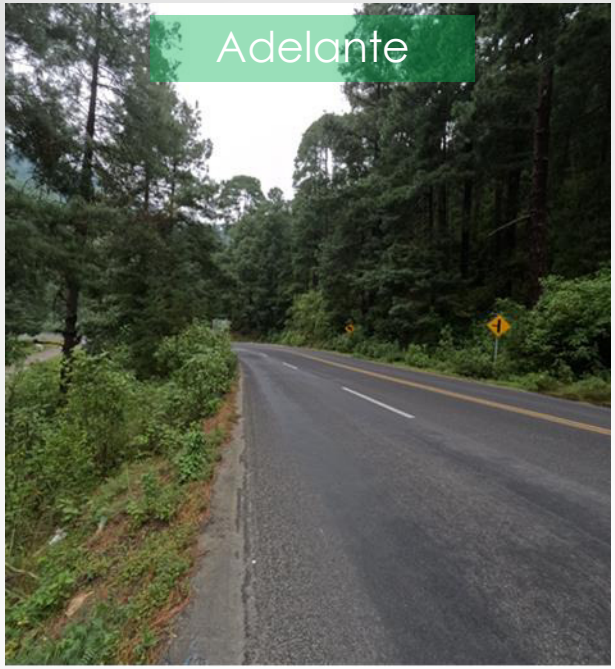


33+000

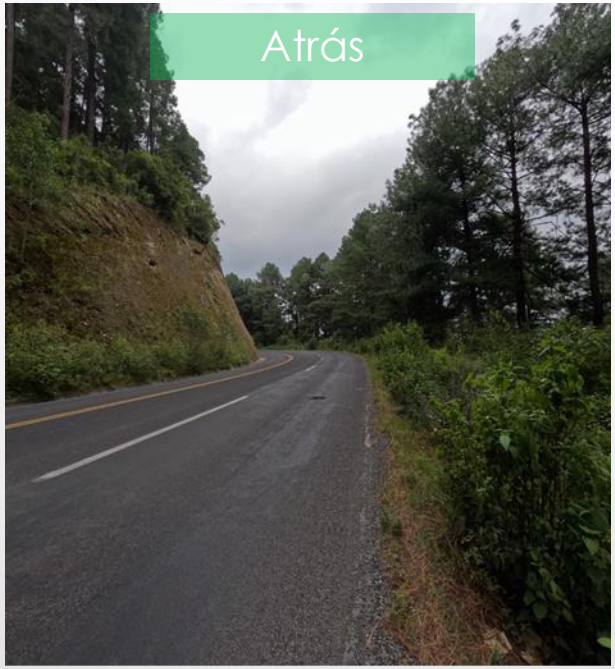
En este punto se presenta la presencia de asentamientos urbanos pertenecientes a la localidad de Mesón Viejo.
La carretera cuenta con 3 carriles para este punto, uno en sentido Tejupilco y 2 en sentido Toluca.

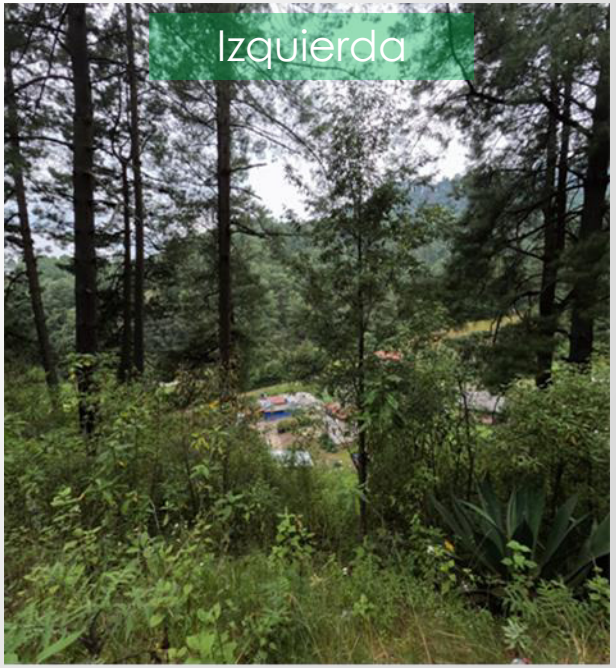
Coordenada

14Q 407498 2120448







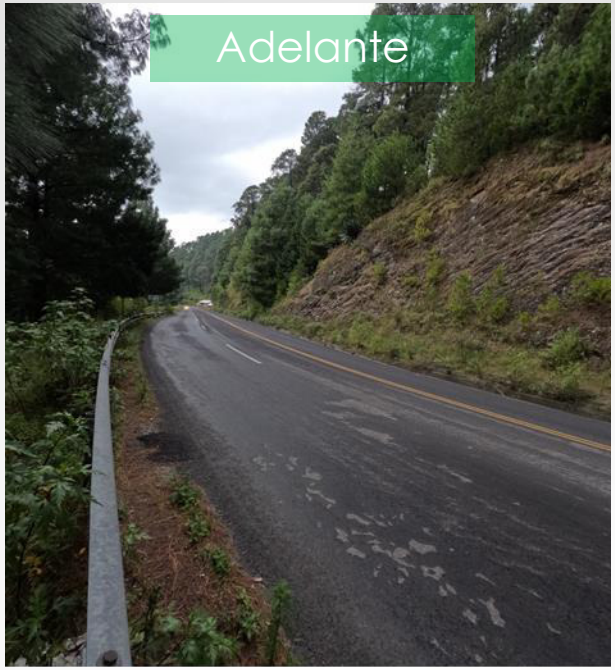


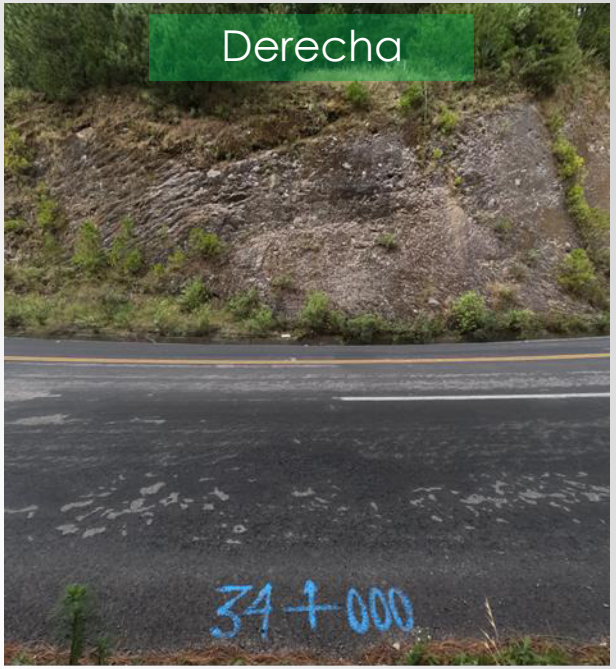
34+000

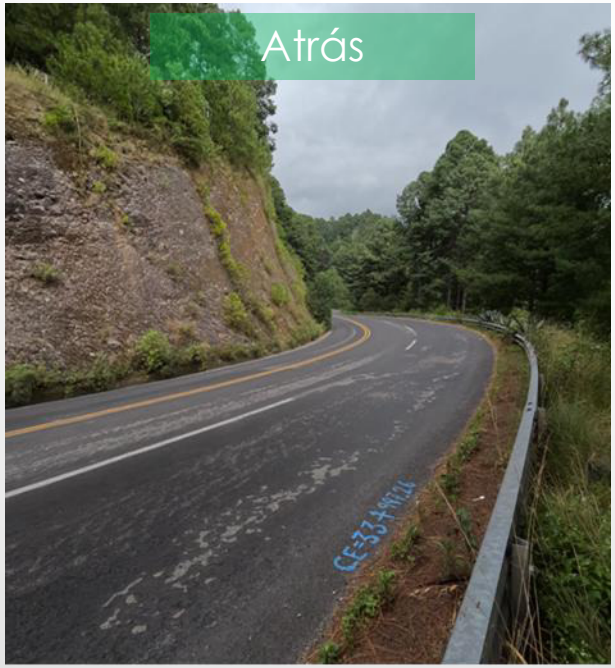
Continua la presencia de 3 carriles de circulación, 2 en sentido Toluca y uno en sentido Tejupilco. Este tramo aun cuenta con presencia de zonas urbanizadas por la presencia de la localidad de Mesón Viejo.

Coordenada

14Q 407002 2120084







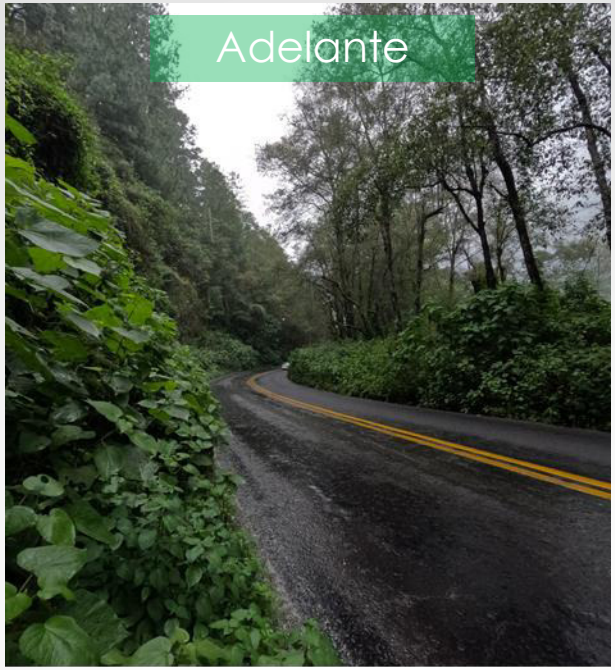


35+000

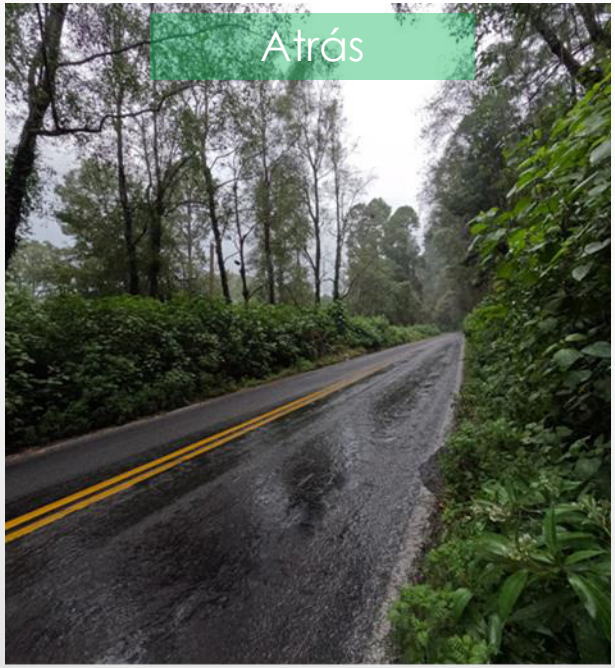
En este tramo la carretera nuevamente se reduce a circulación en 2 carriles, uno por sentido. La carretera se encuentra en buen estado para la circulación vehicular.

Coordenada

14Q 406232 2119499







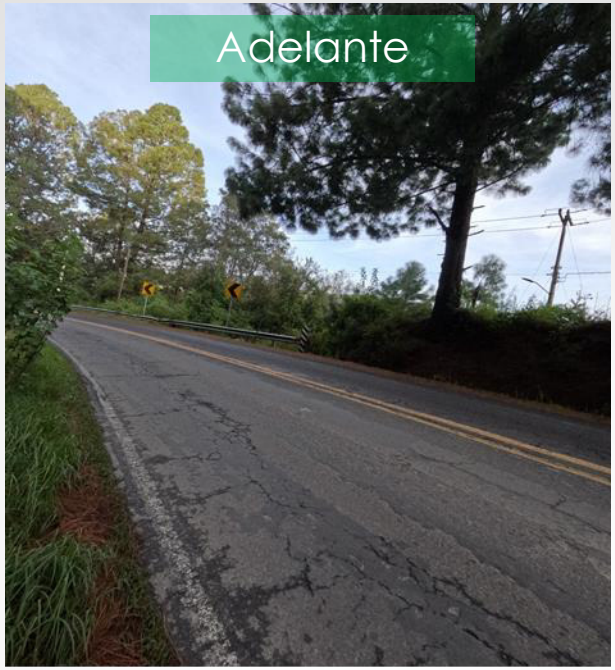


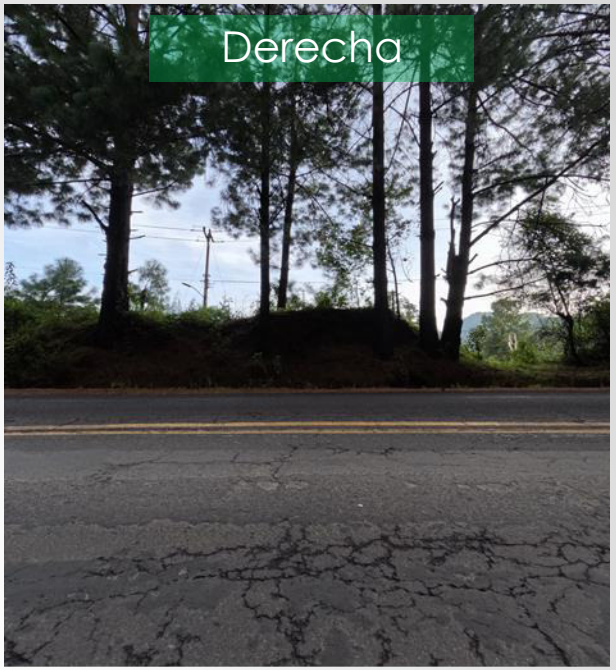
36+000

En este punto la carretera presenta afectaciones en la superficie de rodamiento.
La carretera se encuentra contigua a zonas con vocación agrícola y ganadera, mezcladas con presencia de vegetación natural.

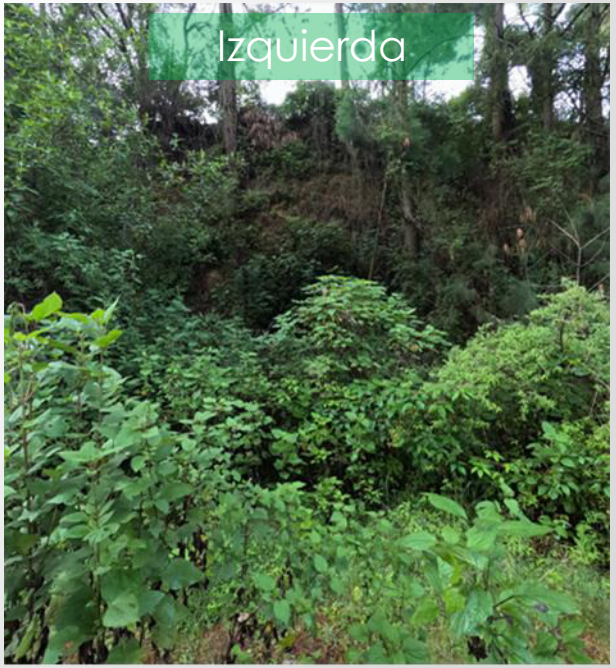
Coordenada

14Q 405643 2119120







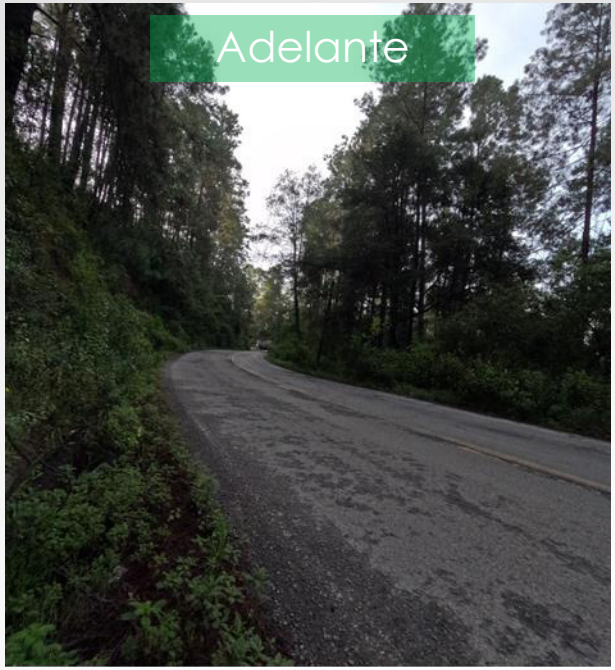


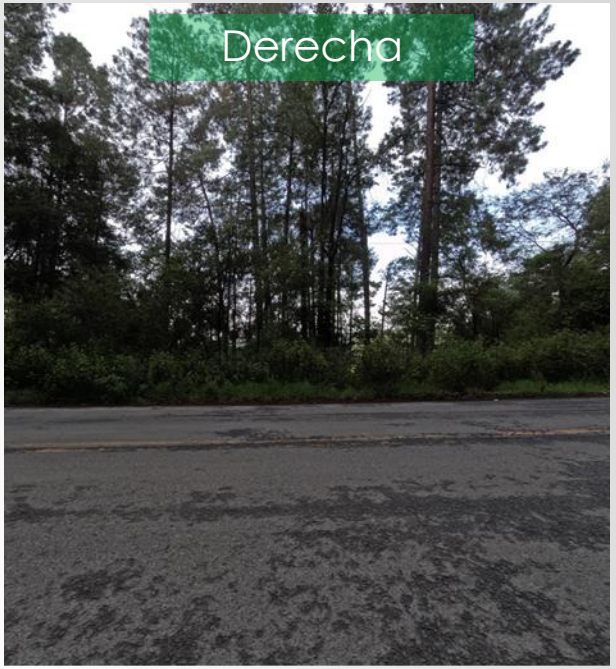
37+000

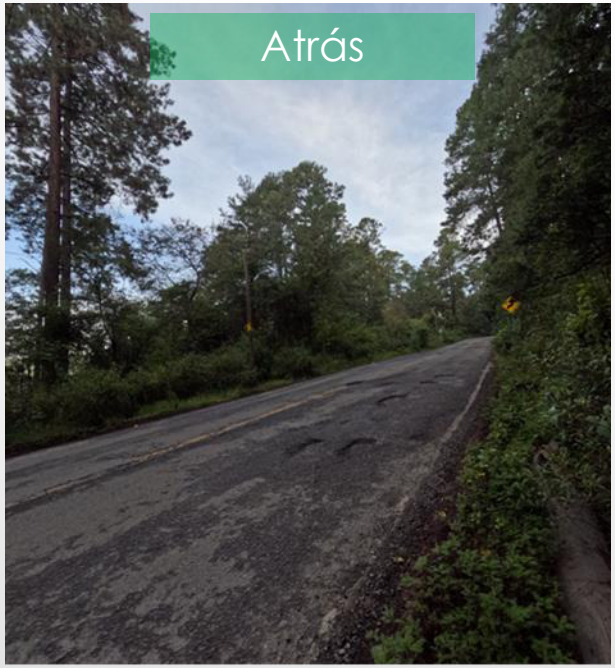
La carretera presenta fuertes afectaciones en la superficie de rodamiento, además se presentan cunetas en el costado izquierdo del camino y en algunos puntos en el costado derecho, pero estas se encuentran azolvadas con presencia de material vegetal.

Coordenada

14Q 405242 2118585







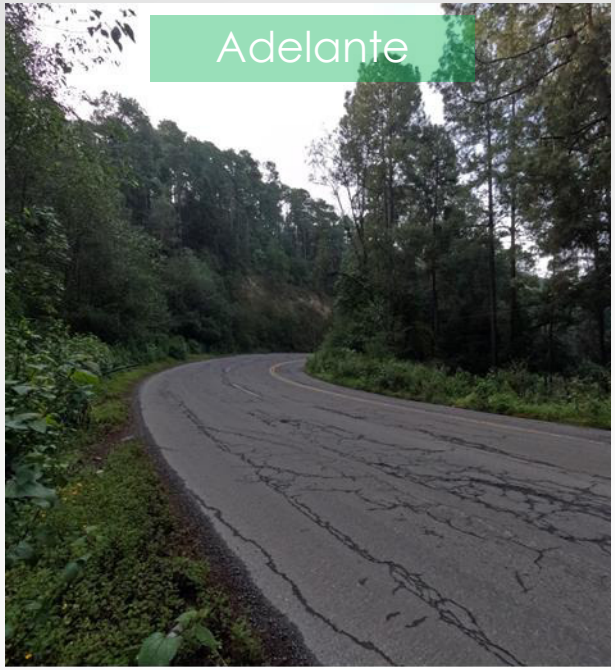


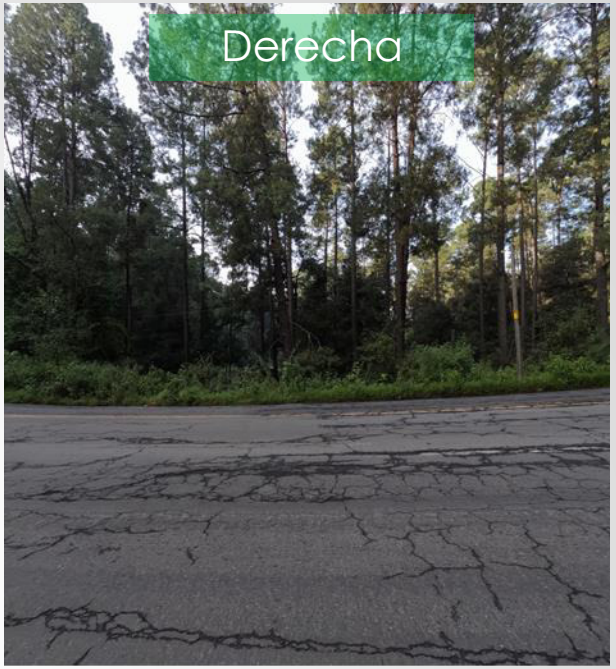
38+000

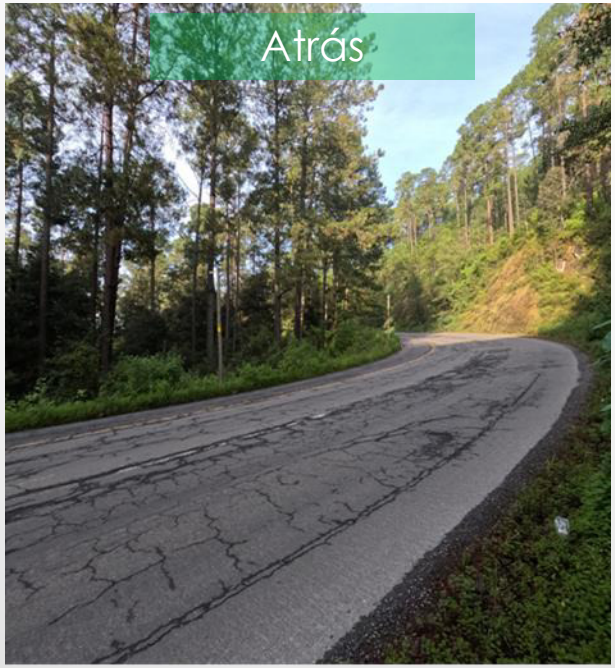
La superficie de rodamiento continua con alta presencia de zonas dañadas en la superficie de rodamiento, para este tramo se presentan 3 carriles de circulación, 2 en sentido Toluca y uno en sentido Tejupilco.

Coordenada

14Q 405575 2118066







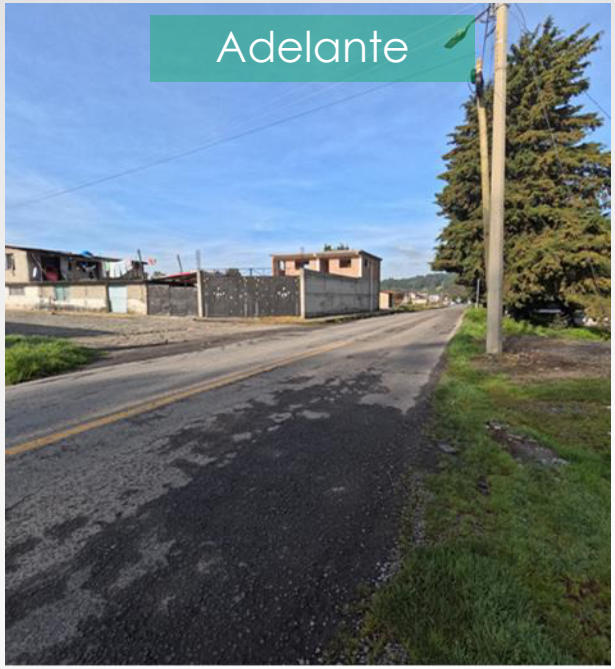


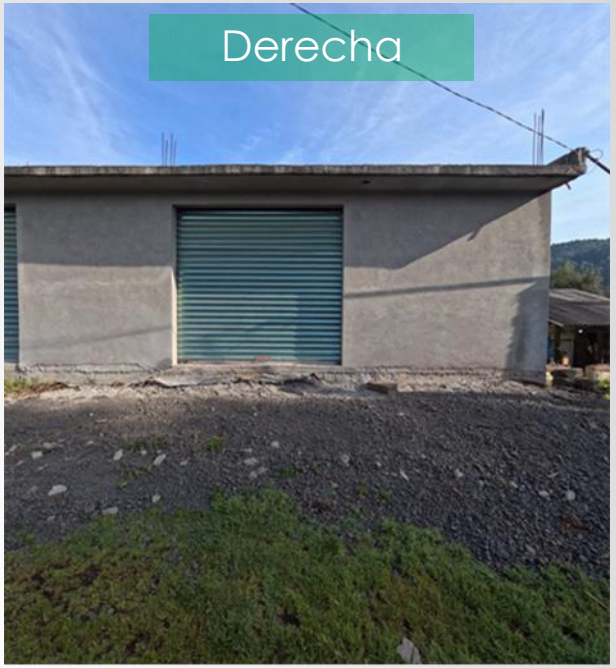
39+000

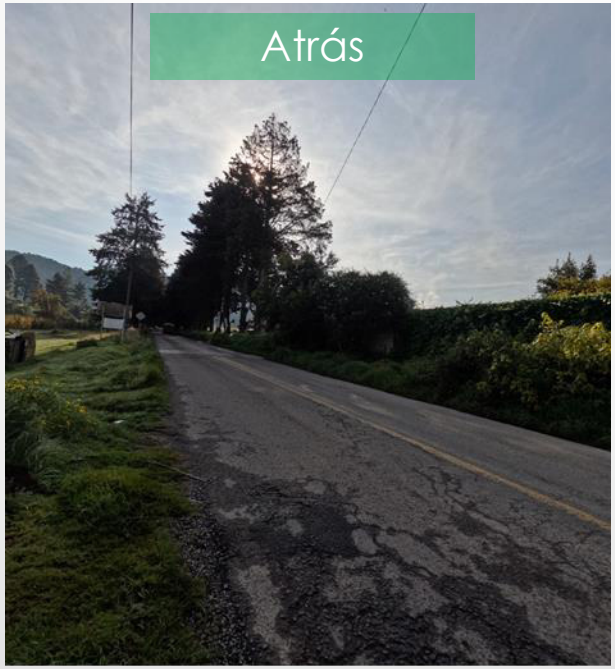
La carretera se encuentra inmersa en una zona con aprovechamiento agrícola y presencia de zonas urbanizadas pertenecientes a la localidad de San Francisco Oxtotilpan en donde la carretera presenta diferentes intersecciones a nivel con las calles de esta localidad.

Coordenada

14Q 404827 2117778







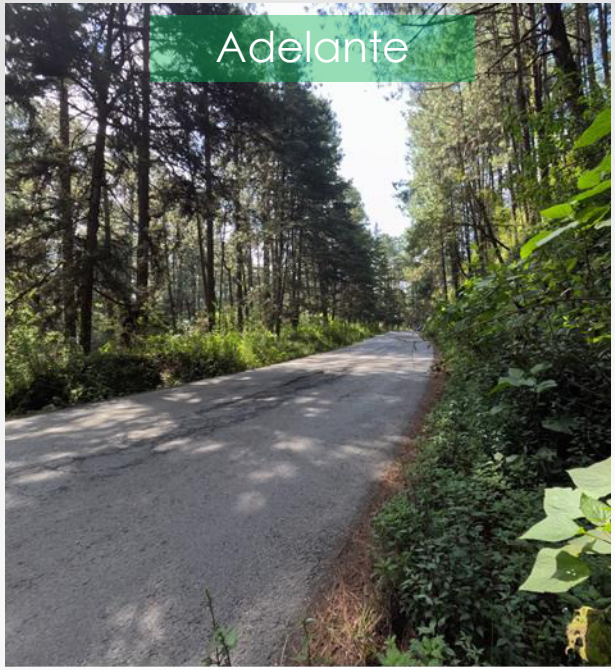


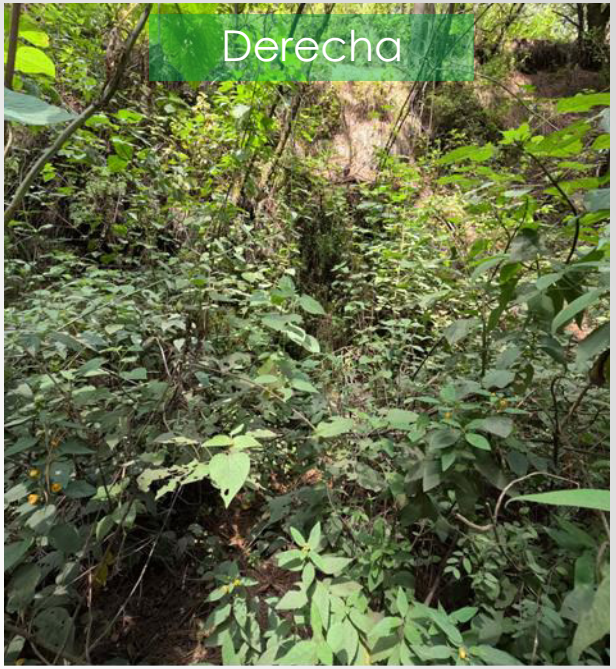
40+000

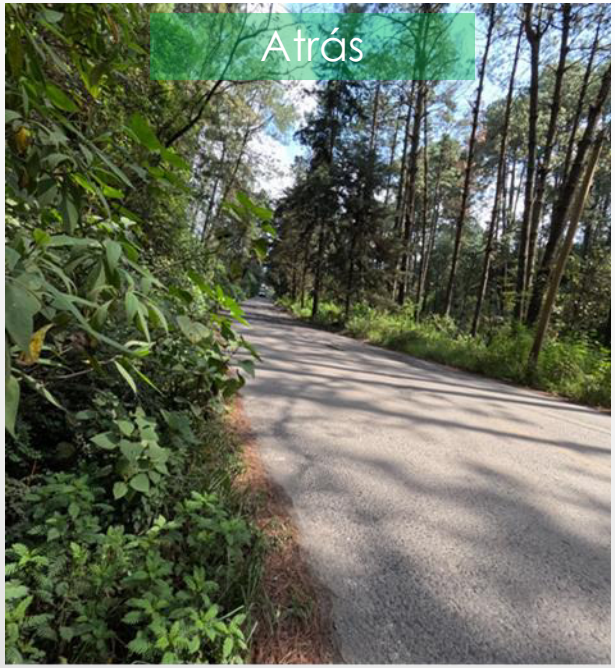
La carretera se encuentra en las afueras de la localidad de San Francisco Oxtotilpan por lo que aun se encuentra la presencia de zonas de cultivo en las cercanías de la vialidad, pero también ya se hace presente la vegetación natural con manchones y macizos forestales.

Coordenada

14Q 403945 2117633







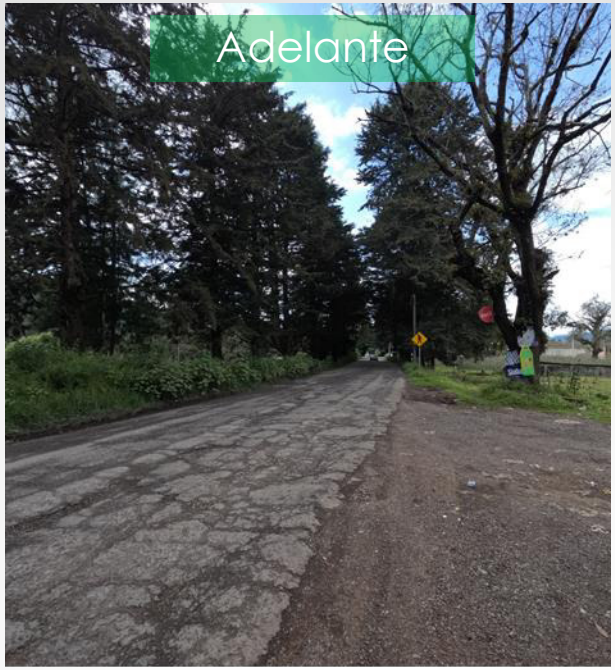


41+000

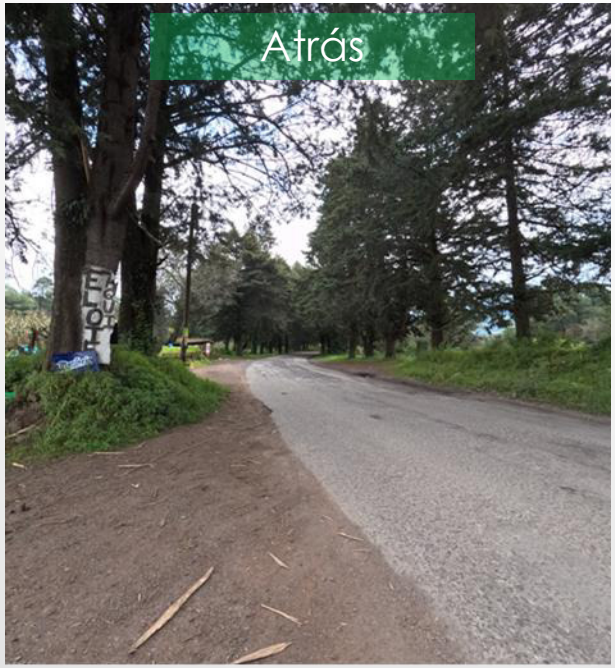
Nuevamente se hace presente la urbanización que rodea a la carretera, esta vez se trata de la localidad de San Mateo Almomoloa, la cual tiene amplia vocación agrícola por lo que la presencia de campos de cultivo también es amplia a los costados del camino.

Coordenada

14Q 403232 2117072









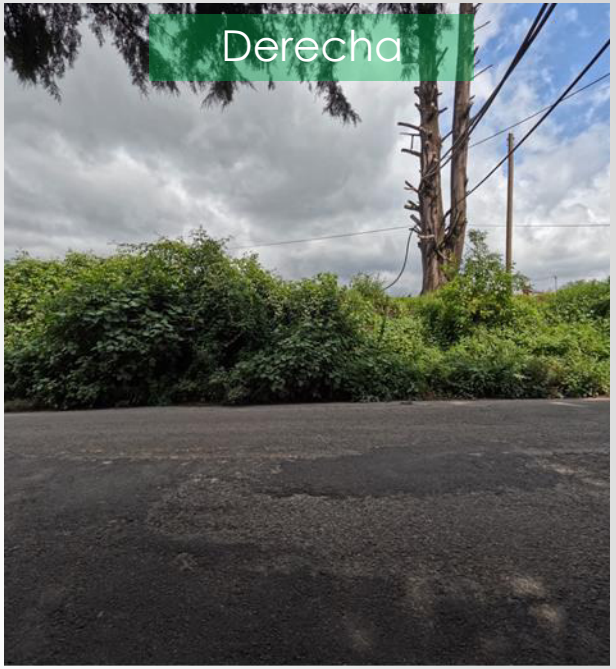
42+000

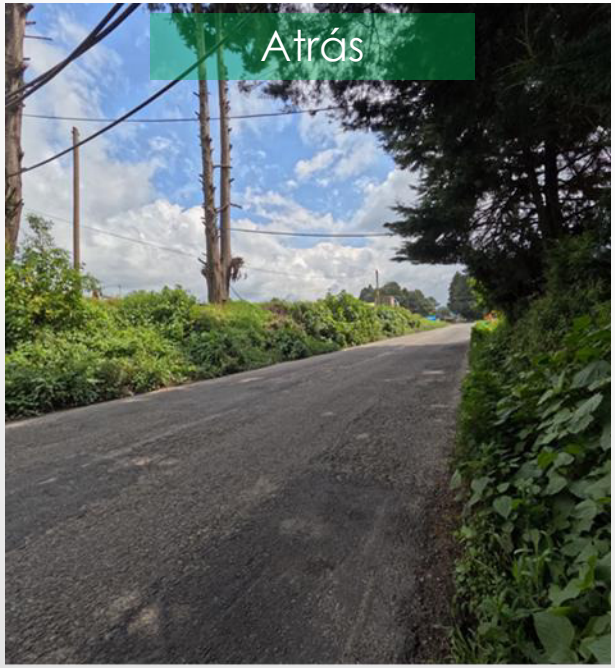
Se continua dentro de la localidad de San Mateo Almomoloa, la presencia de campos de cultivo es constante rodeando el trazo carretero actual.

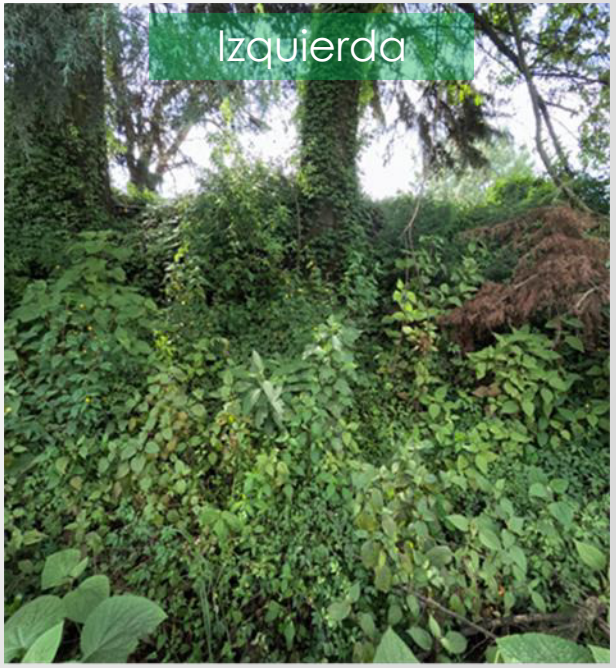
Coordenada

14Q 402442 2116521









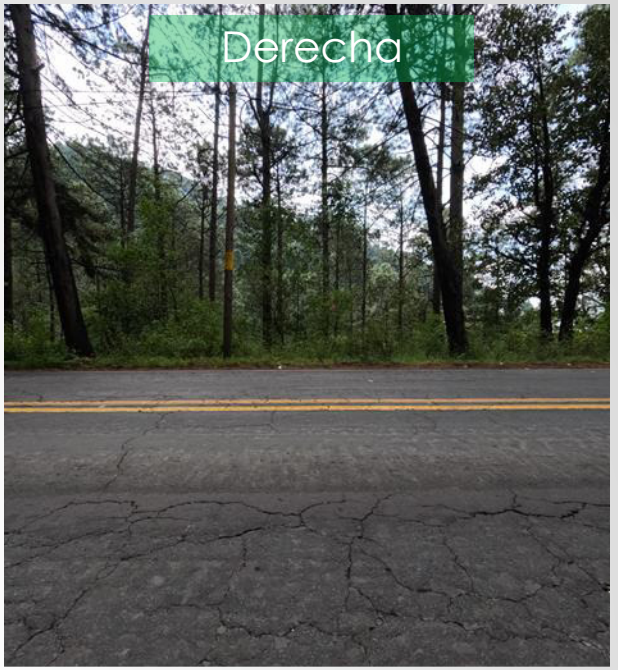
43+000

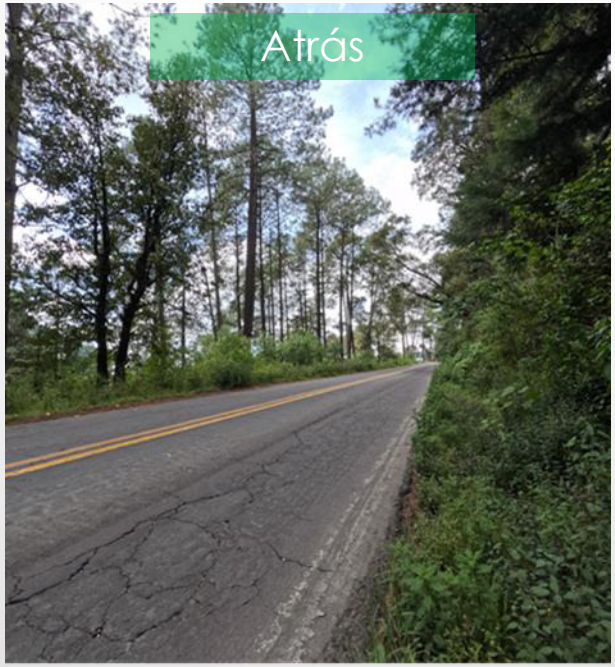
Este punto se encuentra aun en las afueras de la localidad de San Mateo Almomoloa y el paisaje se encuentra mezclado entre zonas de cultivo y presencia de vegetación natural distribuida en manchones.

Coordenada

14Q 402537 2116272









44+000

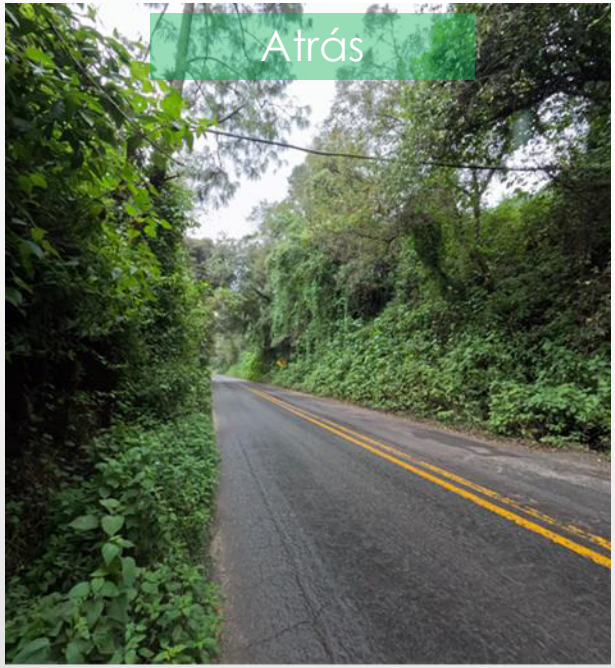
Se presenta zona urbanizada que rodea al camino actual, además de presencia de campos de cultivo.
La carretera presenta mayor trafico en este punto y la superficie de rodamiento presenta daños considerables.

Coordenada

14Q 402438 2116019









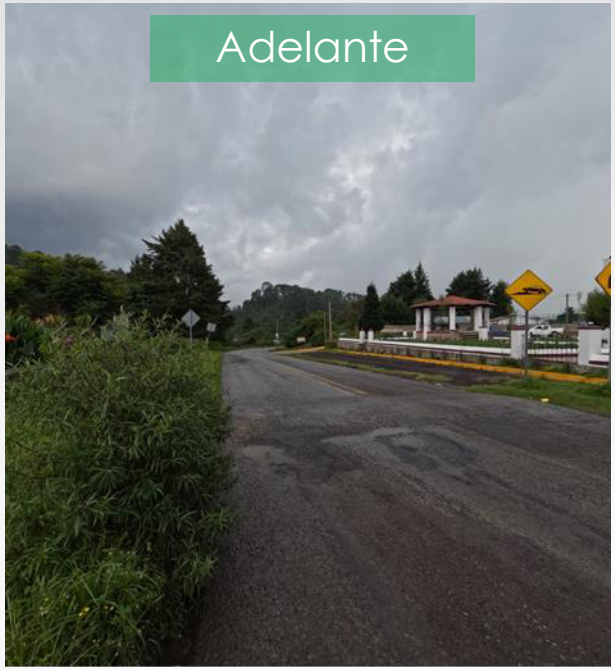
45+000

Continua la presencia urbana, esto se debe a la presencia de varias localidades que se encuentran unidas o muy cercanas, entre estas localidades se encuentran La Comunidad, Santanas y San Antonio Albarranes.

Coordenada

14Q 402024 2115231

Adelante



Derecha



Atrás



Izquierda



46+000

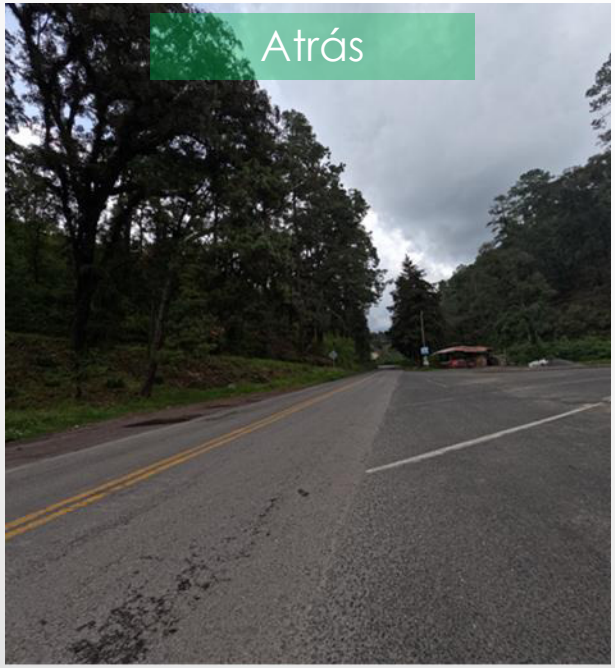
Continua la zona urbana, por la cual en este tramo se encuentran diferentes accesos a nivel que conectan la carretera con diferentes calles de estas localidades.
Debido a que la zona presenta mayor transito, existe presencia de afectaciones a la superficie de rodamiento.

Coordenada

14Q 401502 2114424









47+000

La carretera ya presenta vegetación nativa a sus costados, aunque en las zonas aledañas aun se presentan zonas de cultivo.

la carretera presenta diversas zonas con presencia de cunetas, pero en su mayoría presentan azolves con material vegetal.

Coordenada

14Q 400825 2113863







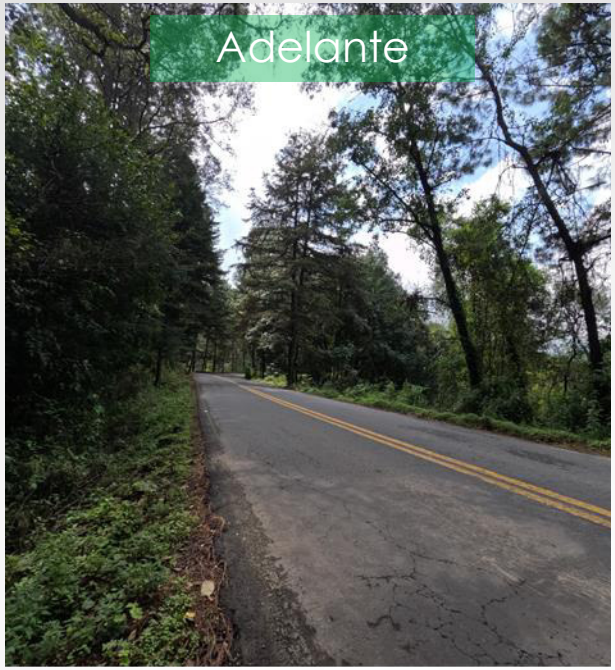


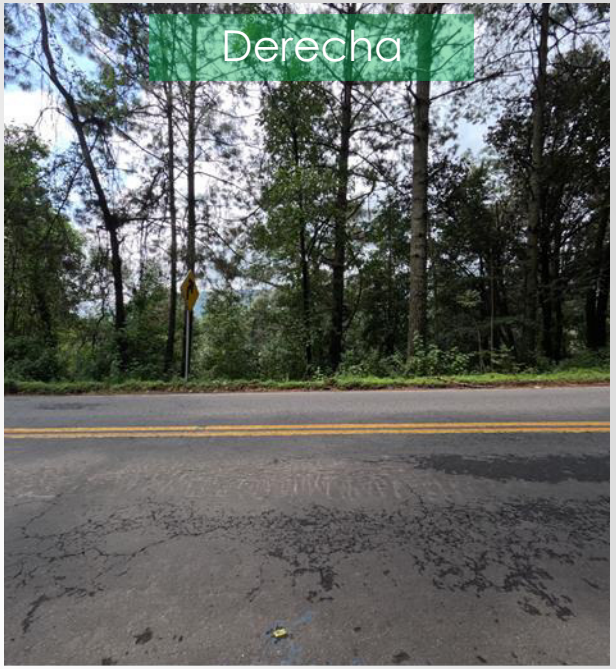
48+000

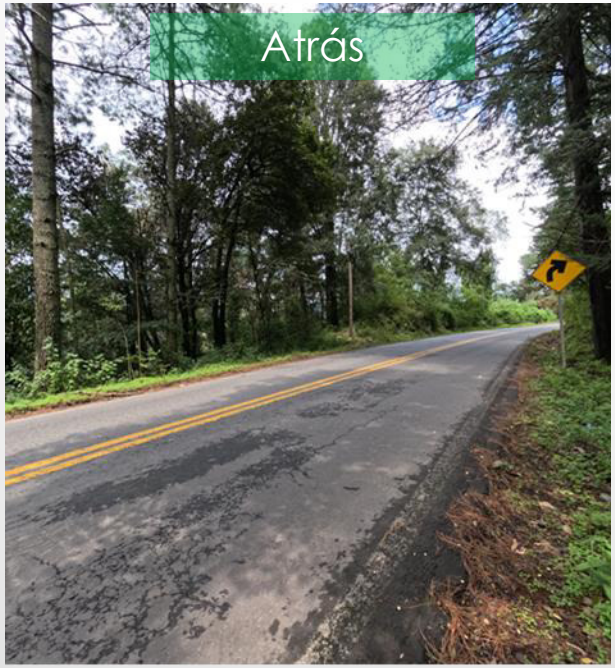
La carretera presenta superficie de rodamiento con presencia de daños y en algunos puntos presencia de reparaciones constantes. La circulación es a 2 carriles, uno por sentido.

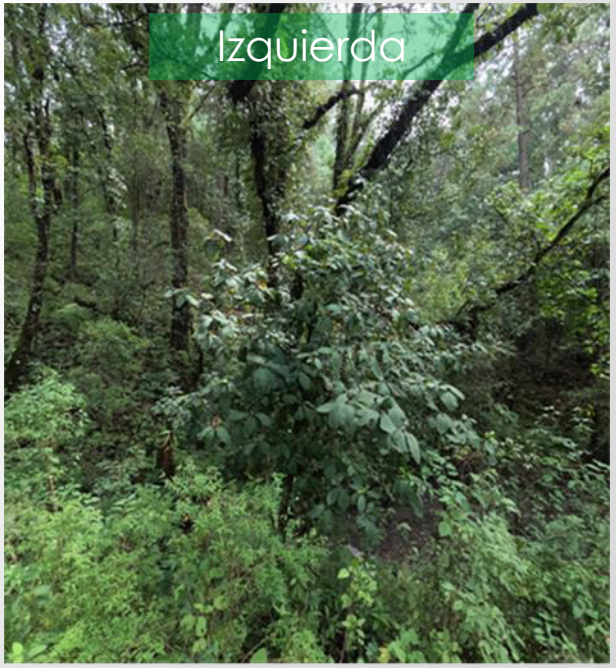
Coordenada

14Q 400004 2113539







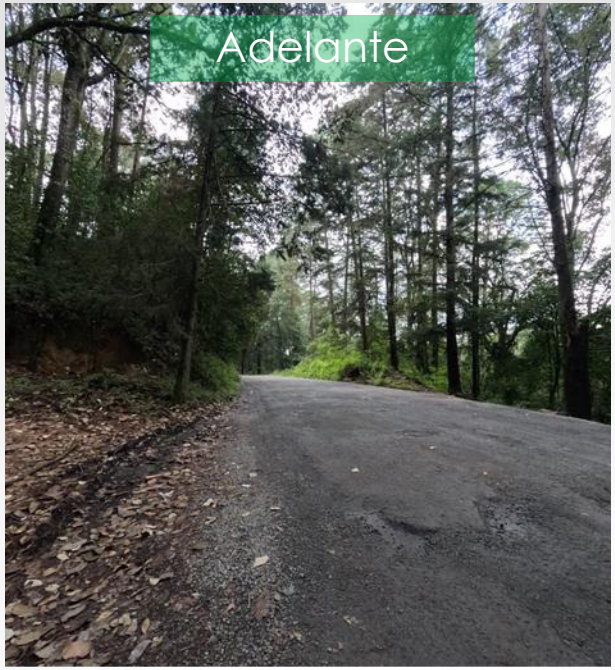


49+000

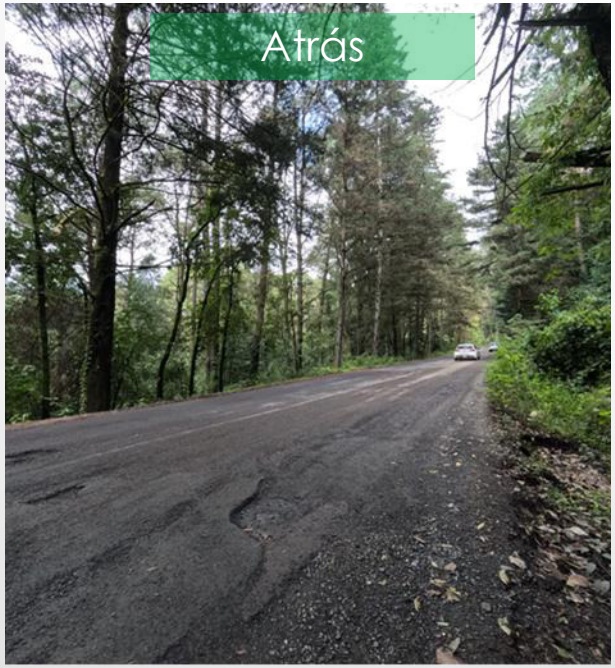
La carpeta de rodamiento se encuentra con alta presencia de daños y afectaciones. Existen cunetas a ambos costados de la carretera actual, pero presentan azolves.

Coordenada

14Q 399587 2112911







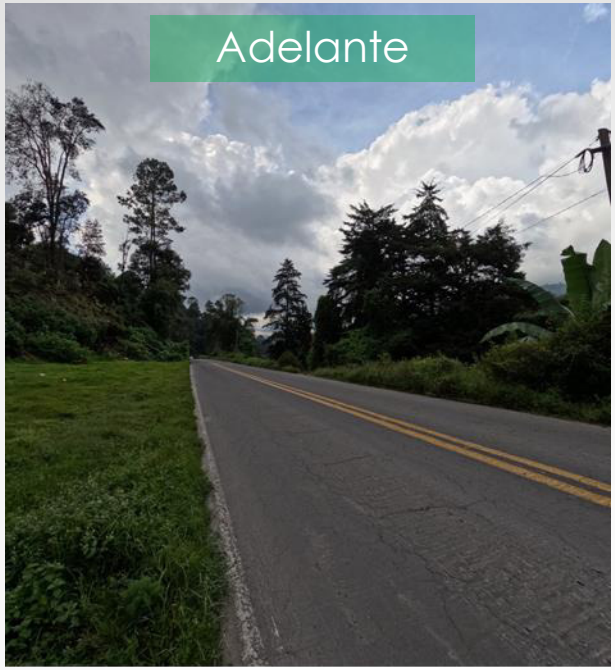


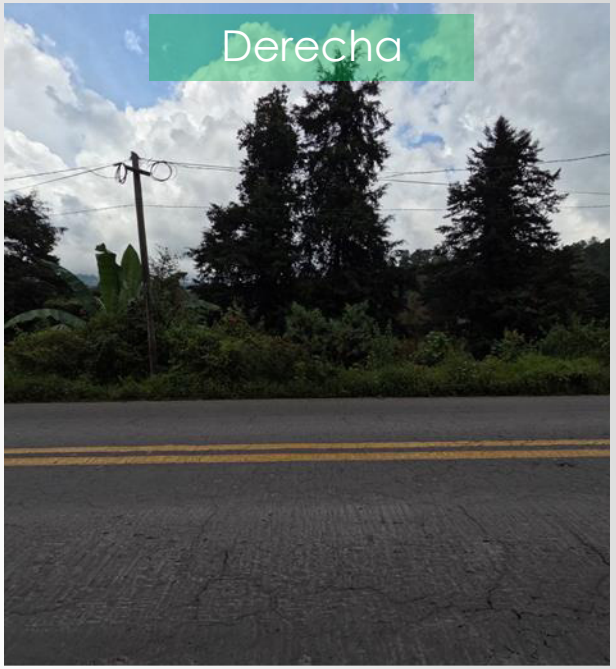
50+000

En este punto la carretera cruza la zona urbana perteneciente a la localidad de Cieneguillas de González por lo que el trazo carretero se rodea con campos de cultivo y la zona urbana, aunque también presenta presencia de vegetación arbórea.

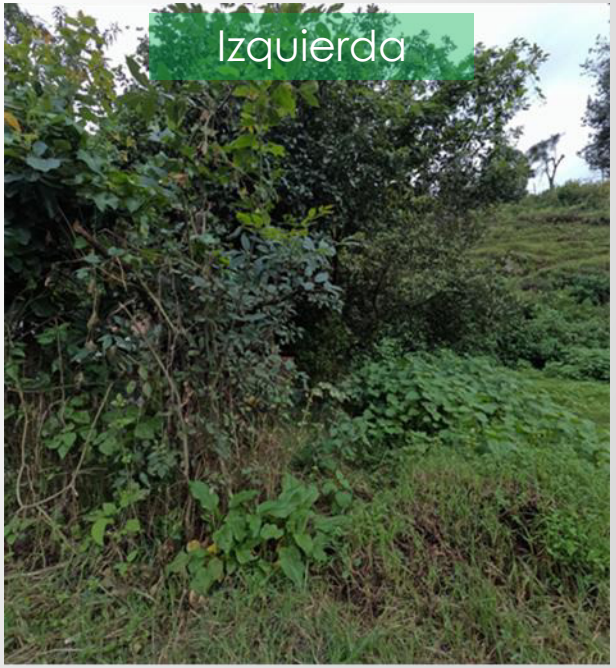
Coordenada

14Q 399409 2112202









51+000

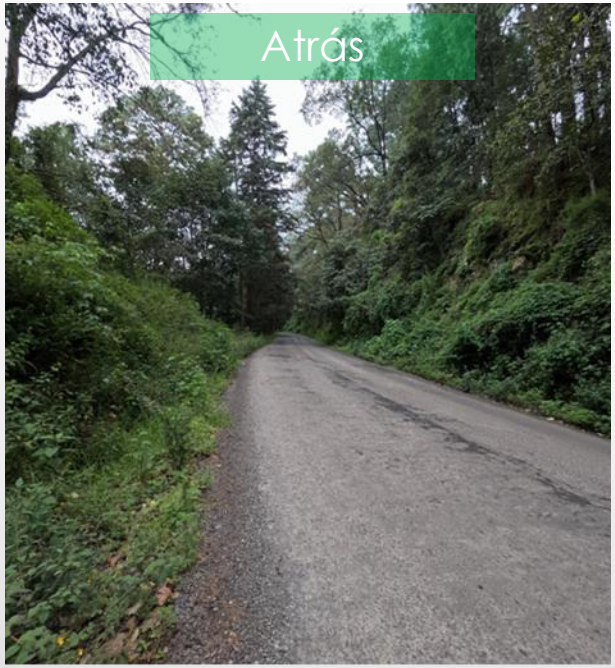
El trazo carretero actual se encuentra rodeado por vegetación arbórea, pero mas allá de esta vegetación la presencia de campos de cultivo es extensa que aun pertenecen a la localidad de Cieneguillas de González.

Coordenada

14Q 398472 2112105









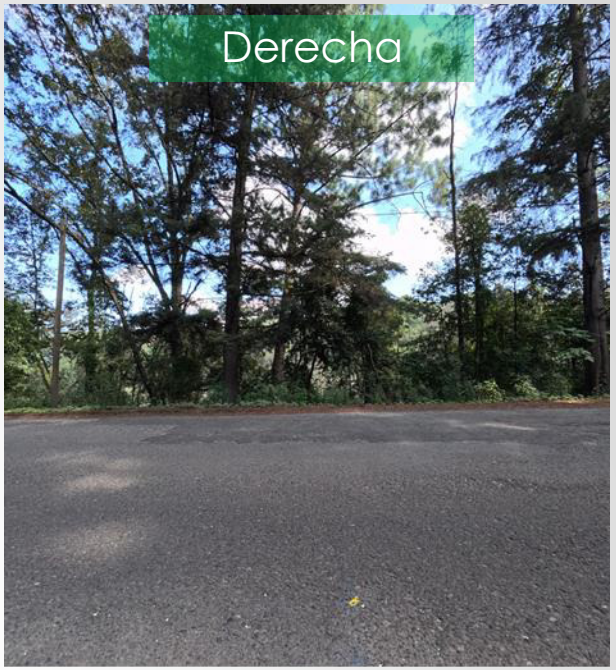
52+000

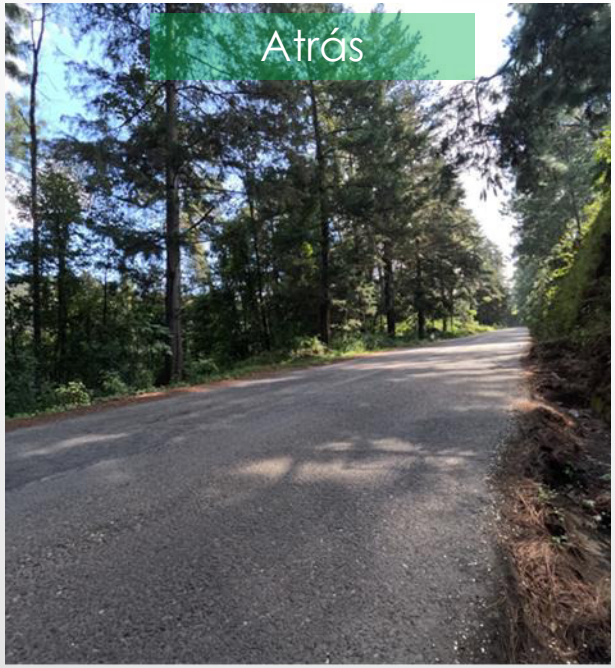
La carretera es a 2 carriles de circulación, uno por cada sentido, en algunos puntos se presentan cunetas para el desazolve del agua sobre la carpeta de rodamiento, pero presentan azolves parciales o totales por material vegetal.

Coordenada

14Q 397573 2111825







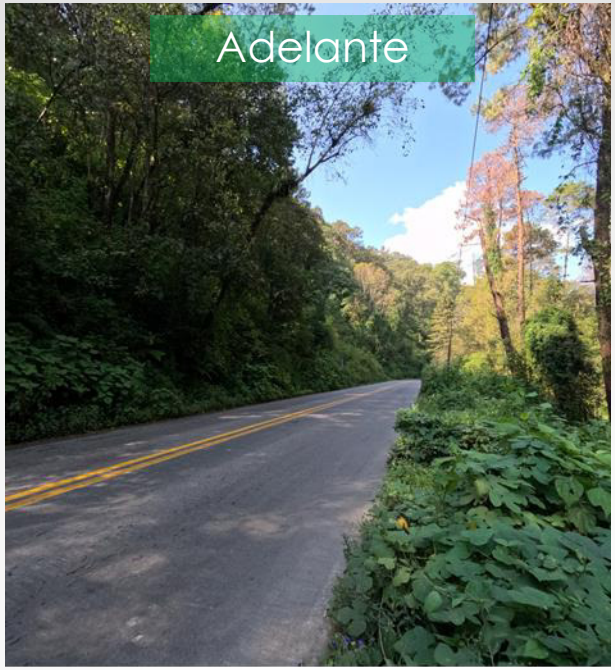


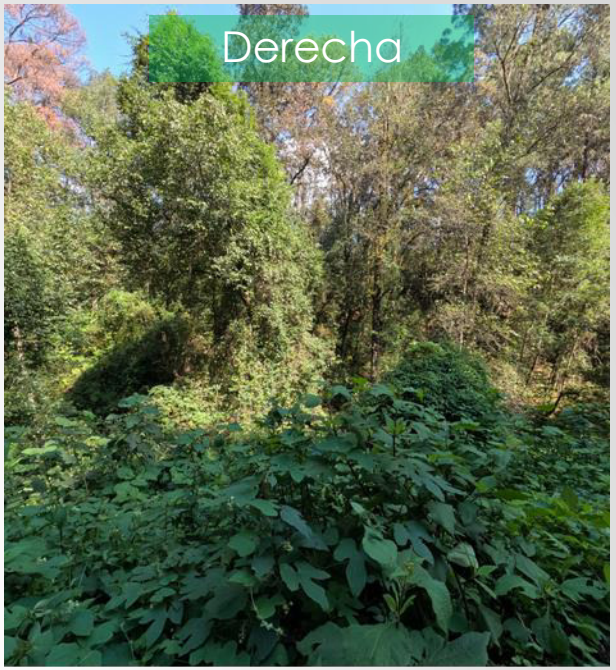
53+000

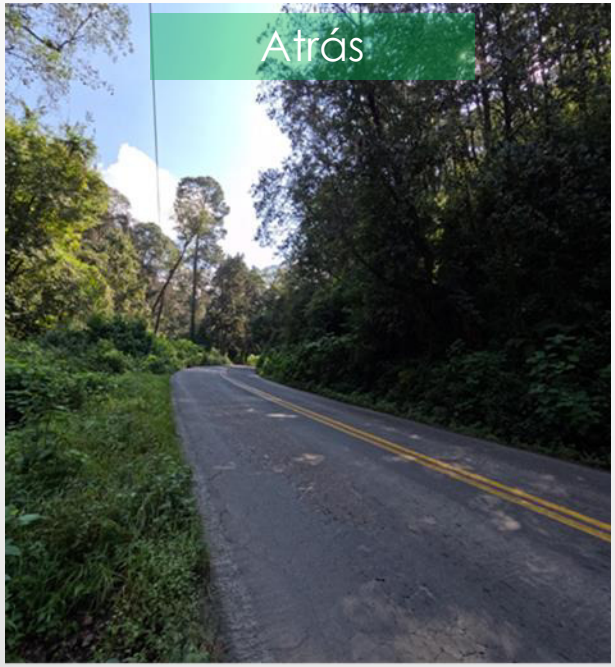
La carretera se encuentra en buen estado con 2 carriles de circulación, uno por cada sentido.
La vegetación que rodea al camino en este punto corresponde a vegetación de bosque de pino-encino con presencia de especies como *Pinus montezumae, Pinus oocarpa, Clethra mexicana, Quercus magnolifolia, Quercus rugosa y Quecus calophylla.*

Coordenada

14Q 397172 2111629







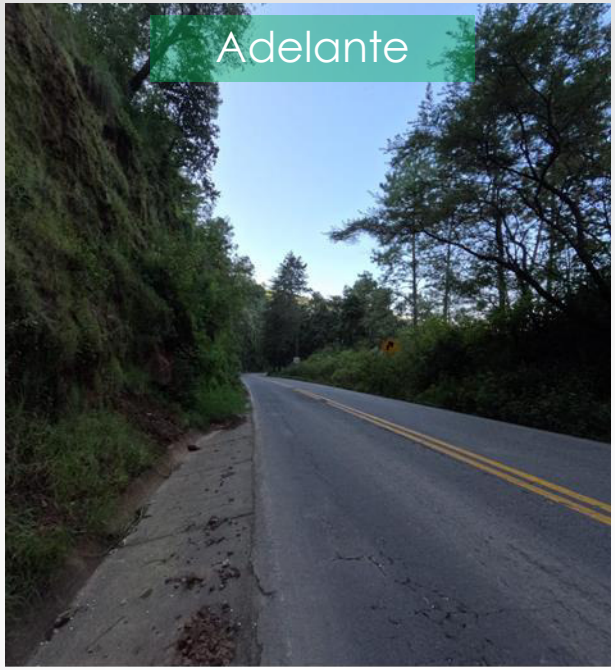


54+000

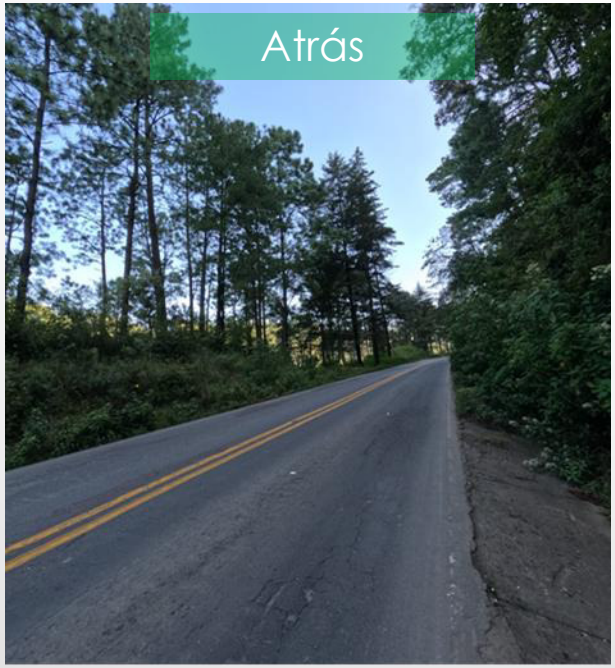
La superficie de rodamiento presenta algunos puntos con deterioro.
En el talud de corte, se observan algunos puntos con evidencia de desprendimiento de material térreo o rocoso previamente.

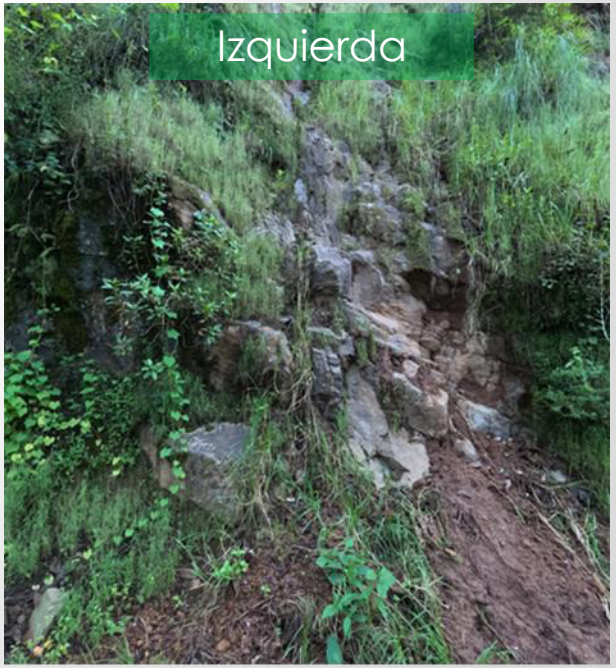
Coordenada

14Q 396364 2111393







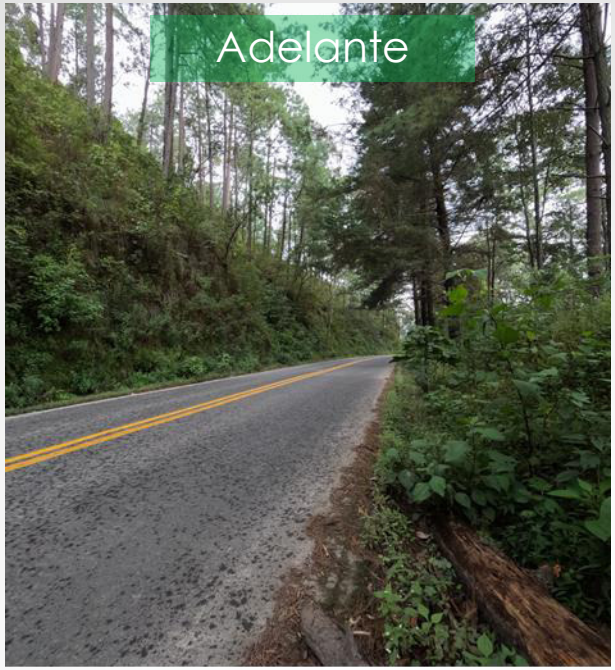


55+000

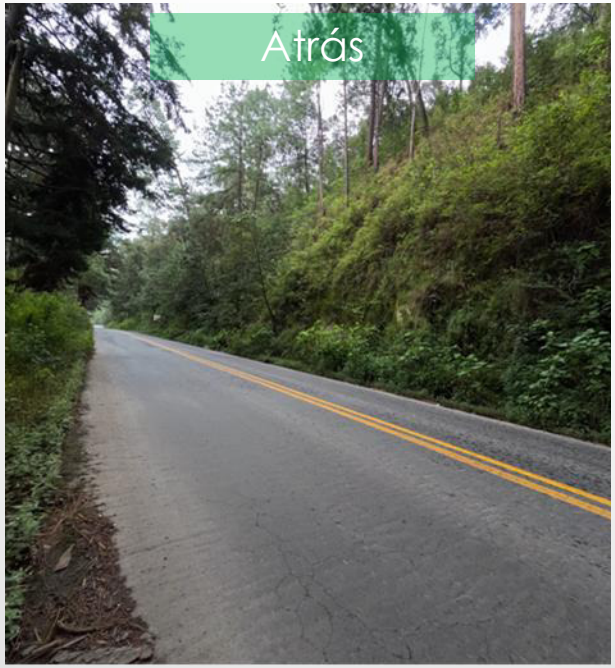
Carpeta de rodamiento en buen estado con presencia de cunetas en ambos costados del camino, sin embargo, dichas estructuras de drenaje complementarias presentan alta presencia de material vegetal.

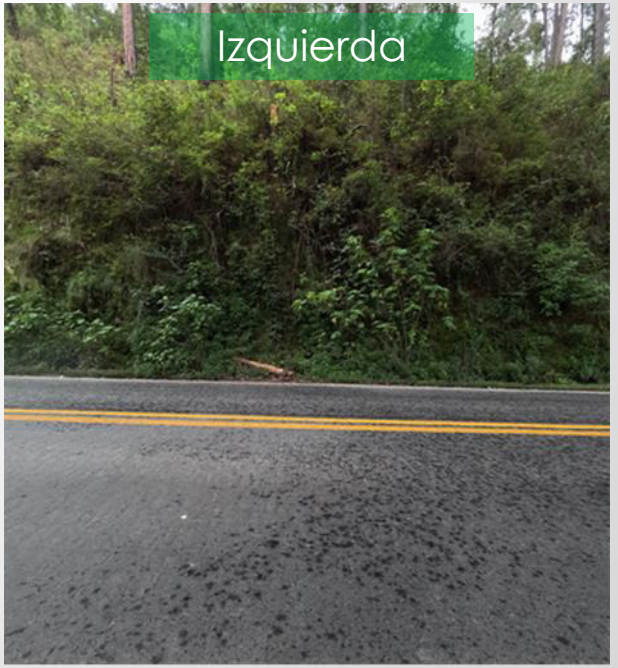
Coordenada

14Q 395614 2110927







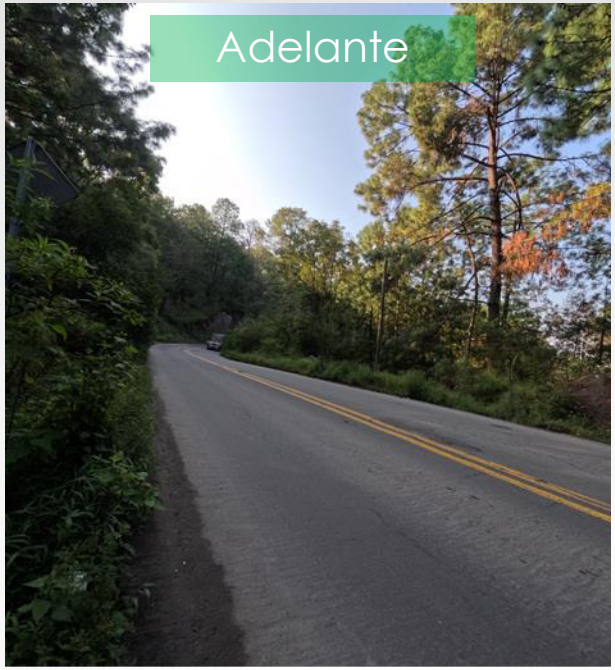


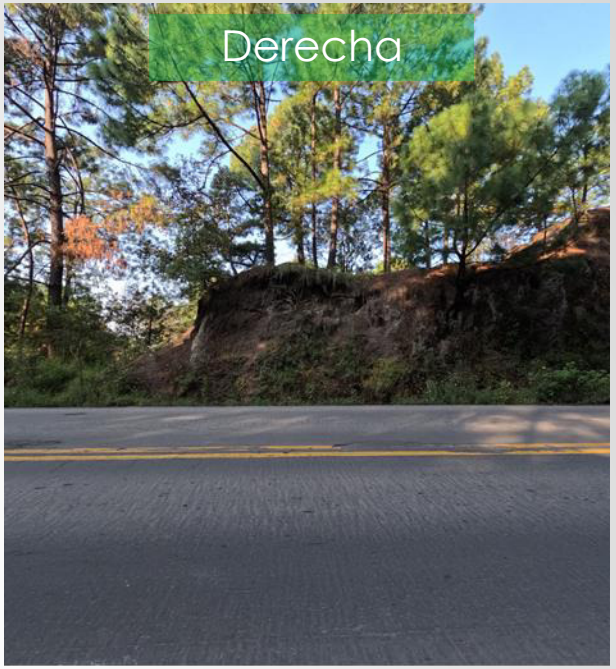
56+000

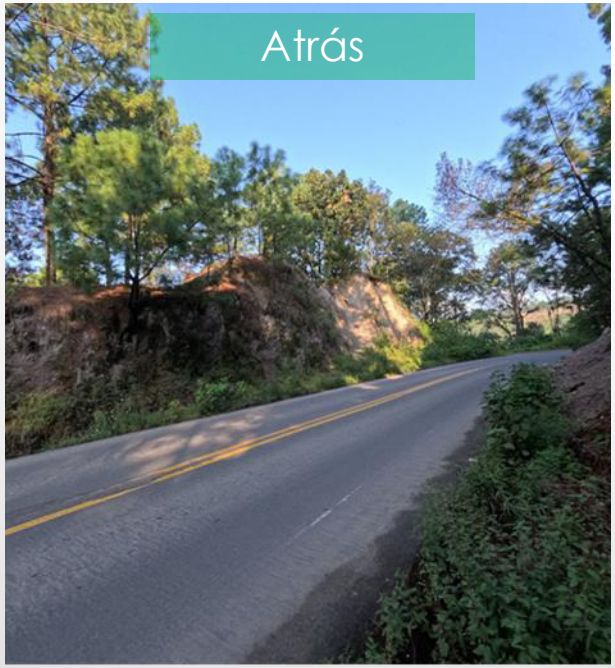
También en este punto se aprecia desprendimiento de material térreo del talud de corte actual de la carretera, misma que se aprecia en buenas condiciones para la circulación vehicular.

Coordenada

14Q 394862 2110532







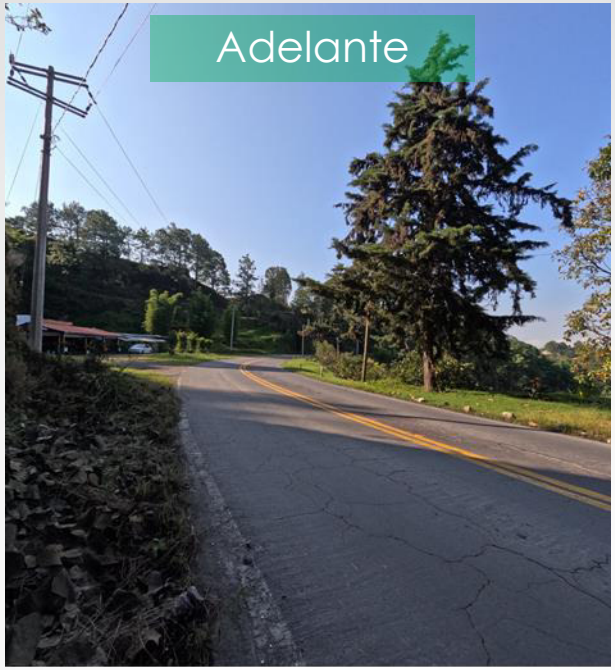


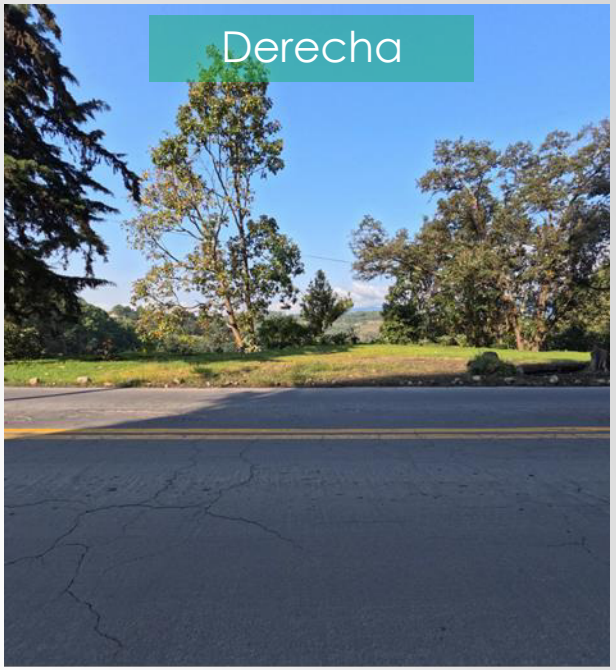
57+000

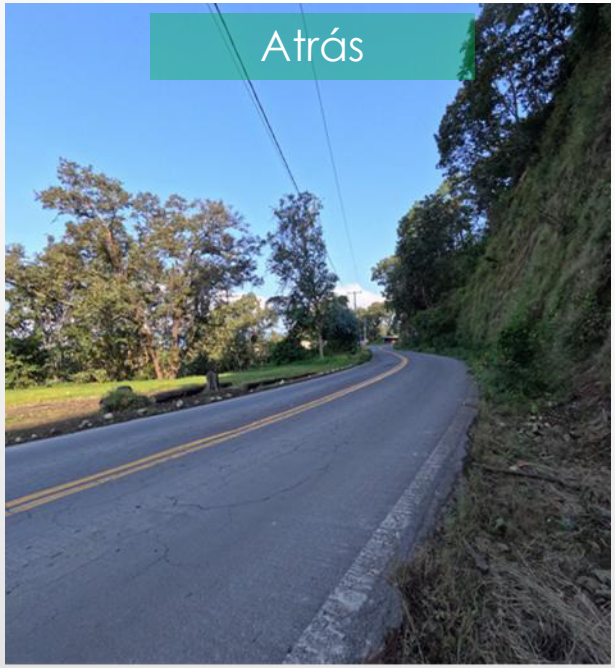
En este punto se aprecian zonas con urbanización correspondientes principalmente a zonas de locales comerciales

Coordenada

14Q 394553 2109753







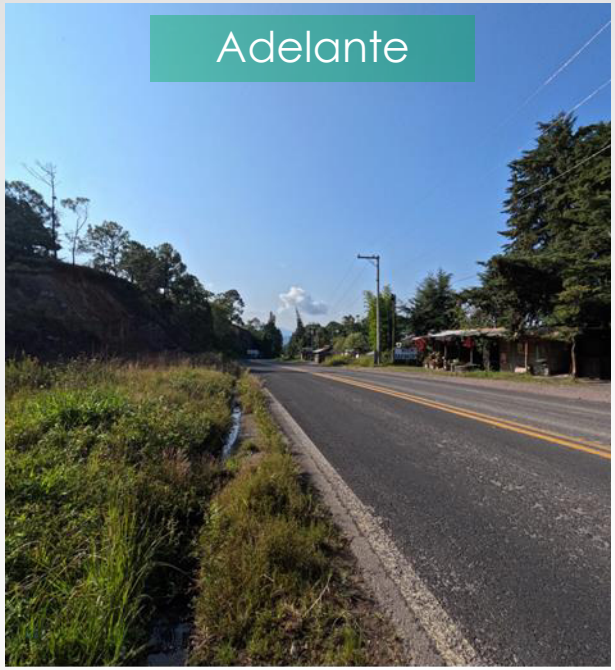


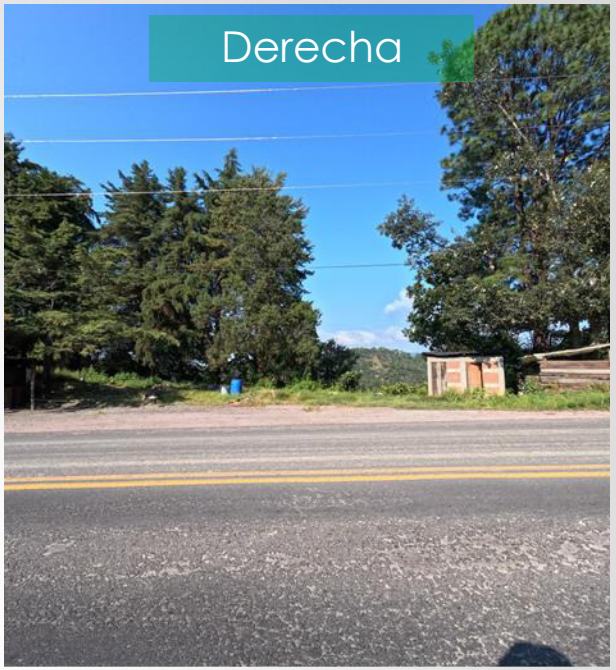
58+000

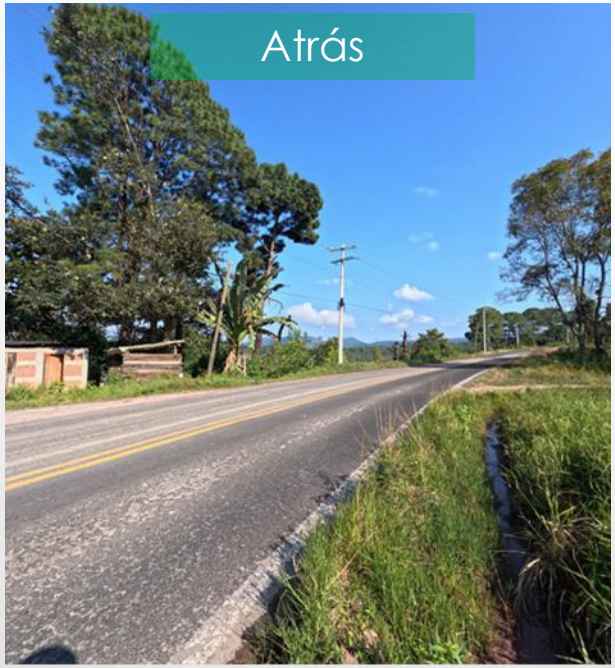
Inicia la zona urbana de San Sebastián Carboneras, entre el cadenamiento 57+000 y 58+000 se presenta una zona de ampliación de la carretera actual operando a 3 carriles, uno en sentido Tejupilco y 2 para el sentido a Toluca.

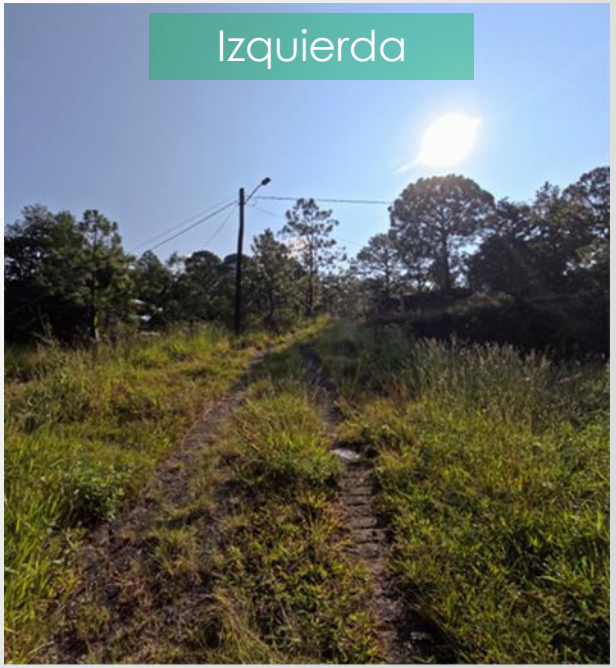
Coordenada

14Q 393964 2109037







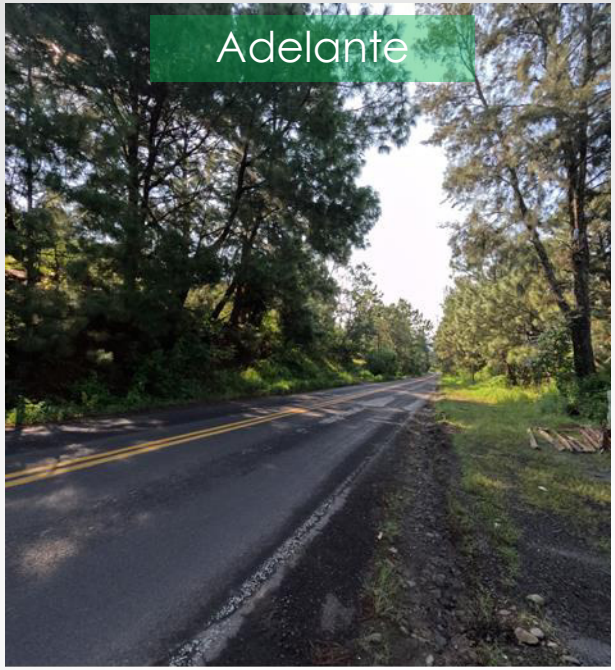


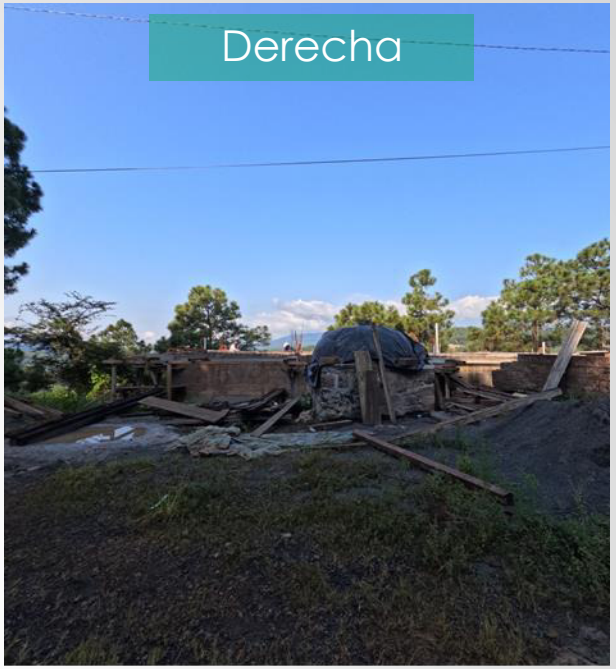
59+000

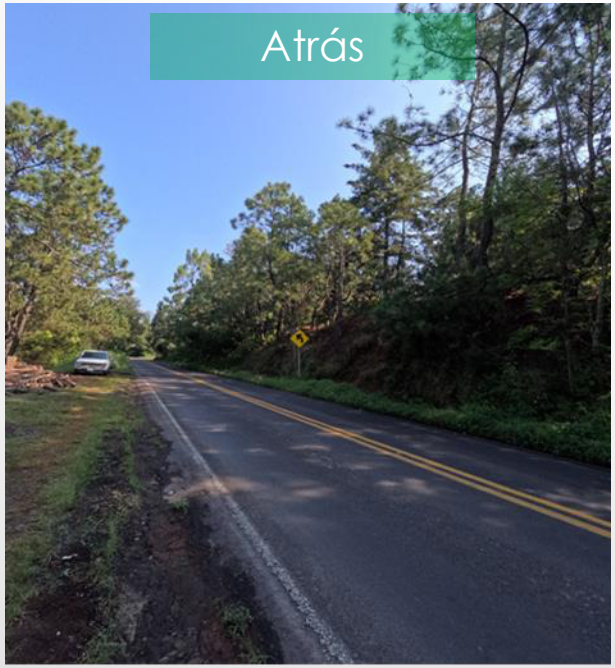
Si bien la presencia de vegetación arbórea en constante al costado de la carretera a lo largo de este tramo, la presencia de urbanización es cada vez mas constante conforme se acerca la comunidad de San Sebastián Carboneras

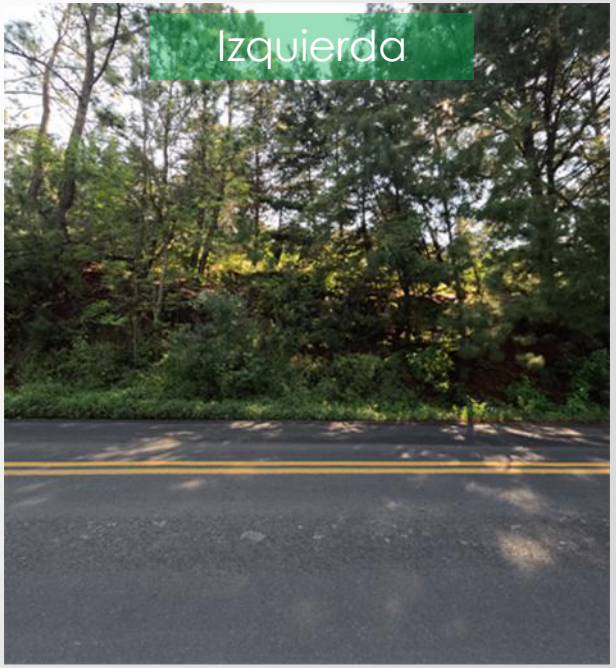
Coordenada

14Q 393948 2108052







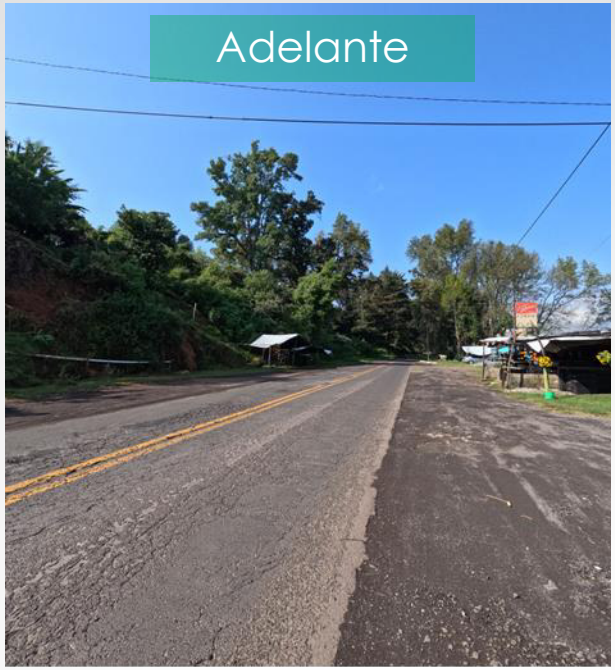


60+000

La carretera en este punto presenta deterioro en la carpeta de rodamiento, mientras que a los costados de esta se encuentran zonas totalmente perturbadas por la presencia urbana.

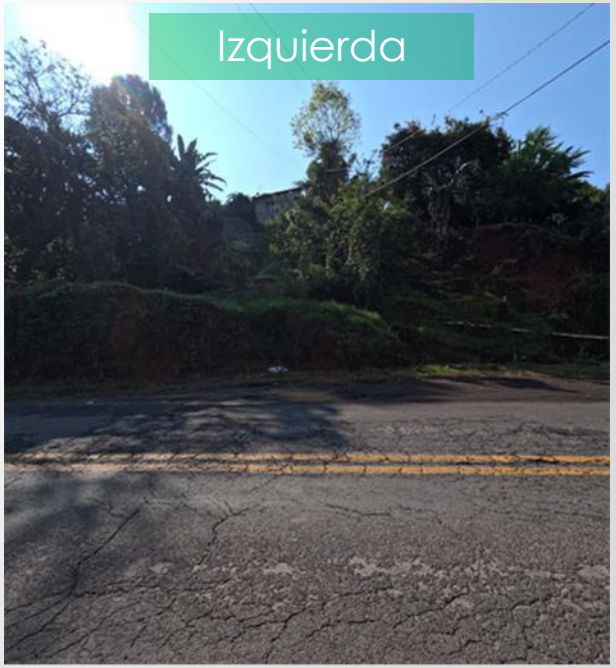
Coordenada

14Q 393526 2107256







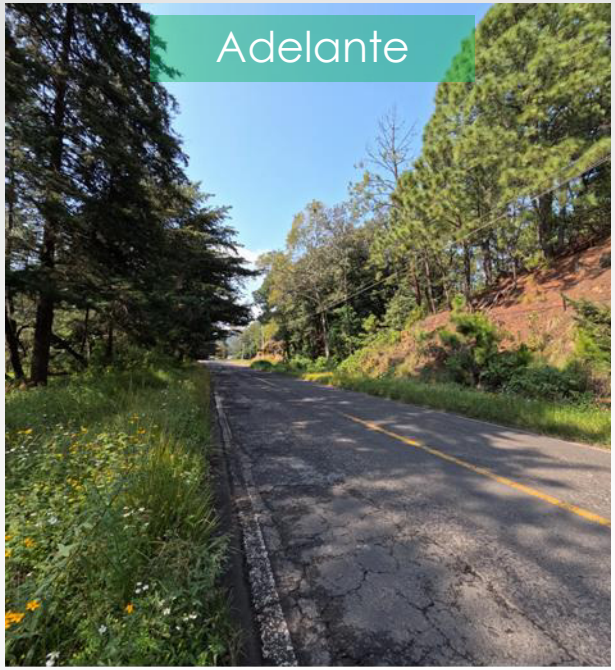


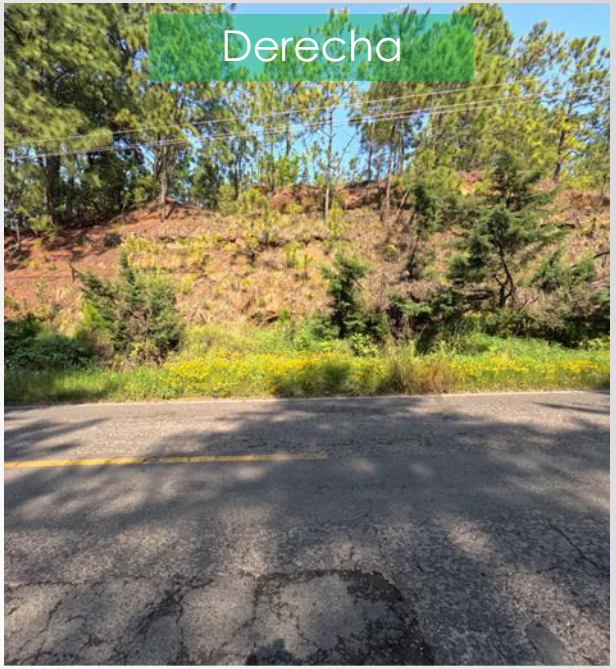
61+000

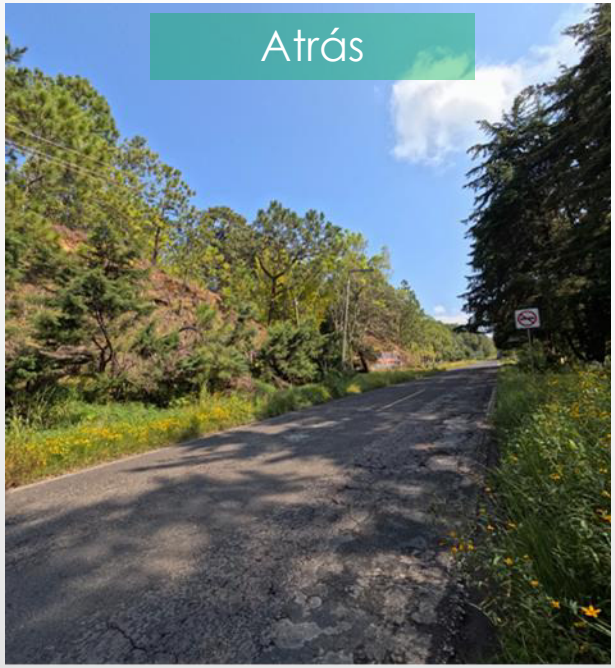
Continua la presencia de zonas urbanas con relictos de vegetación arbórea a las orillas del camino.
La carpeta de rodamiento para este tramo se presenta deteriorada.

Coordenada

14Q 392705 2106745







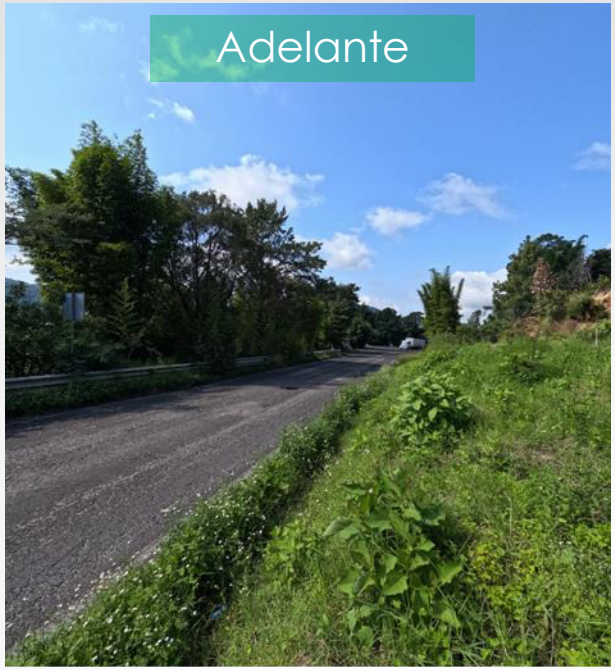


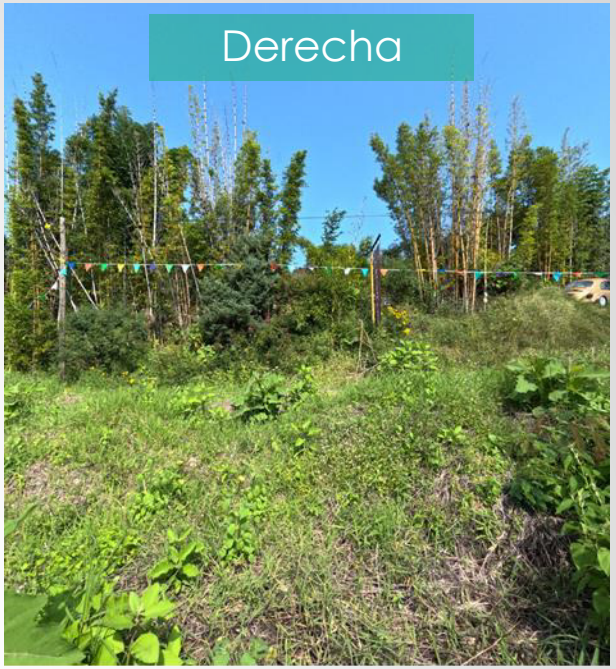
62+000

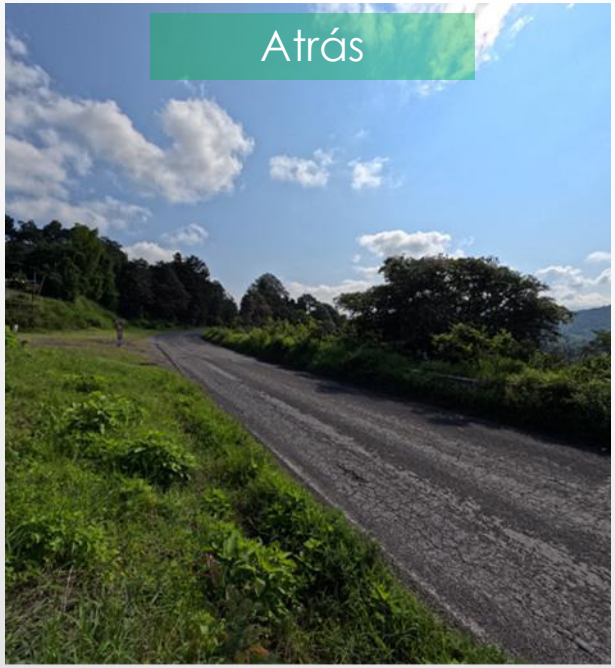
La superficie de rodamiento presenta desgaste considerable y mucha evidencia de reparaciones constantes en la zona. Continua la presencia de urbanización con presencia de comercios a lar orillas del camino.

Coordenada

14Q 391889 2106229







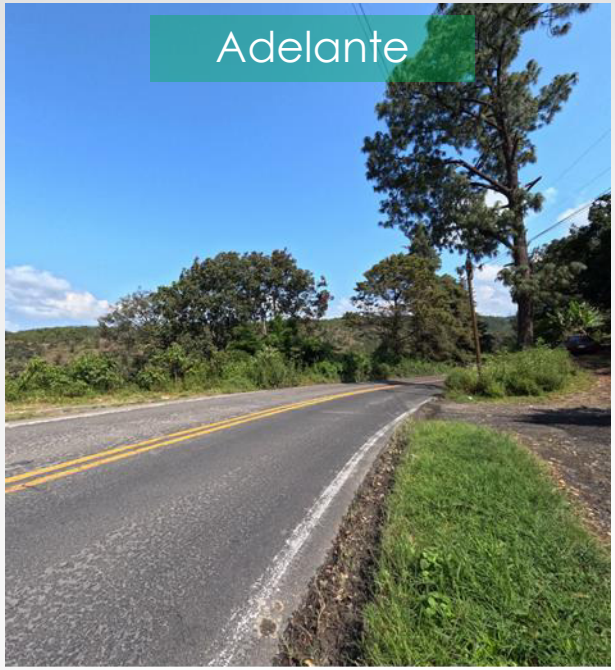


63+000

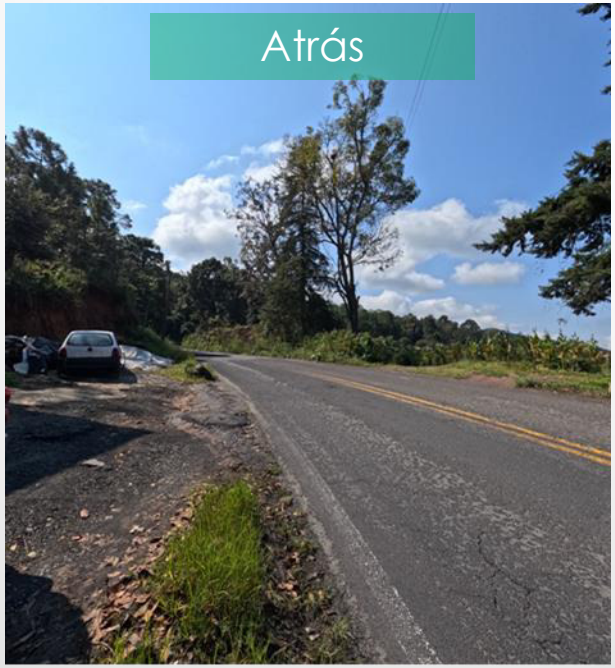
Persiste la presencia de urbanización con comercios y casas habitación.
La presencia de vegetación a los costados del camino es mayormente ruderal entre mezclada con individuos arbóreos remanentes.

Coordenada

14Q 391605 2106536







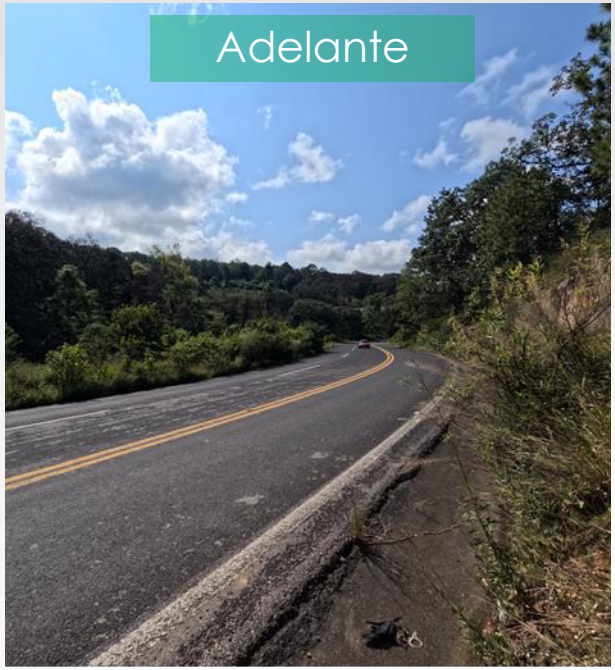


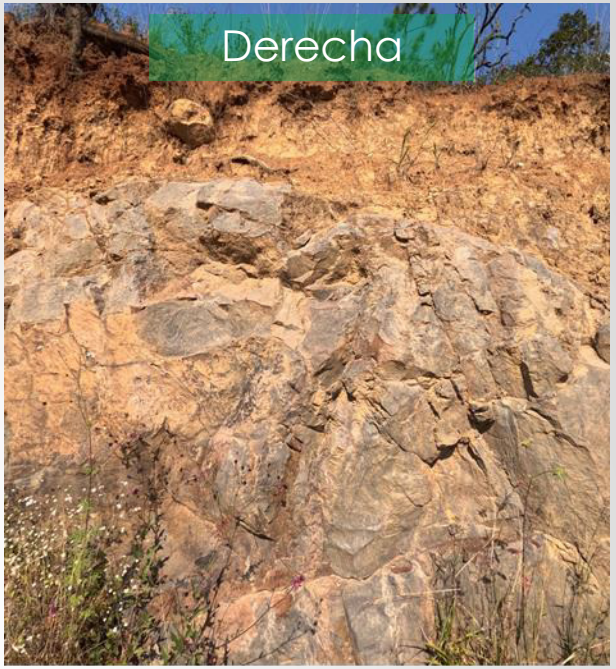
64+000

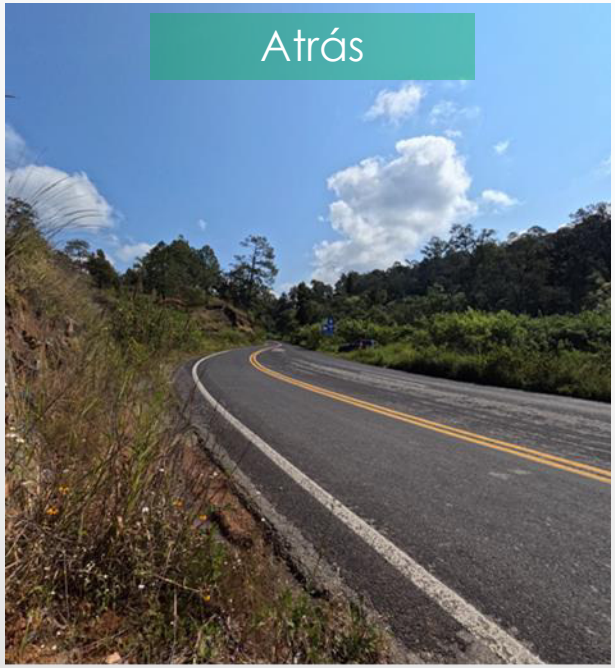
La superficie de rodamiento para este tramo se encuentra en buen estado, las cunetas presentes cuentan con menor grado de azolve que en tramos anteriores.

Coordenada

14Q 391464 2106670







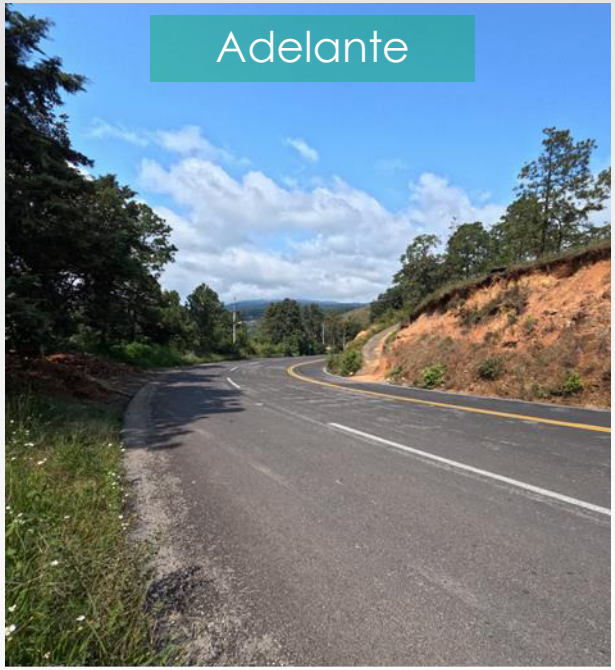


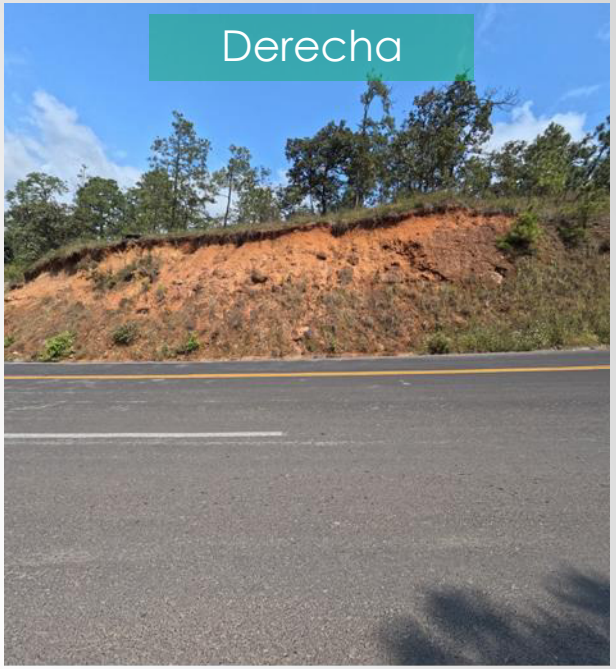
65+000

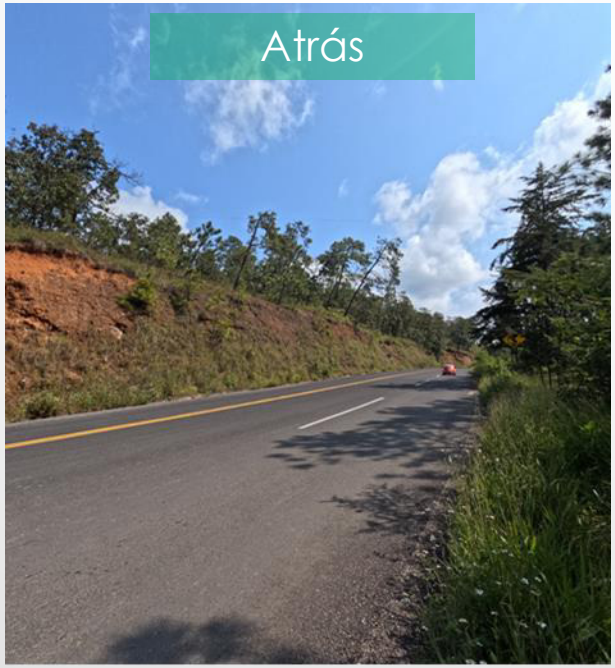
Se presenta zona de rebase con ampliación a 3 carriles de circulación, 2 en sentido hacia Toluca, un carril para la circulación con sentido hacia Tejupilco.

Coordenada

14Q 390602 2106319







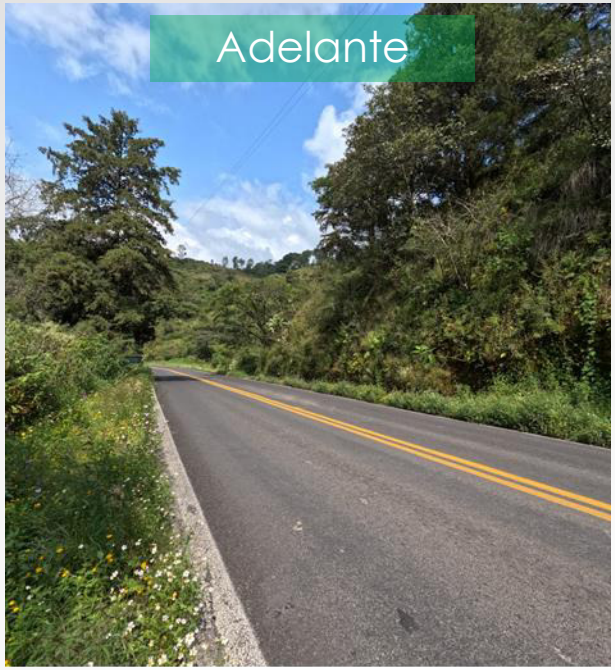


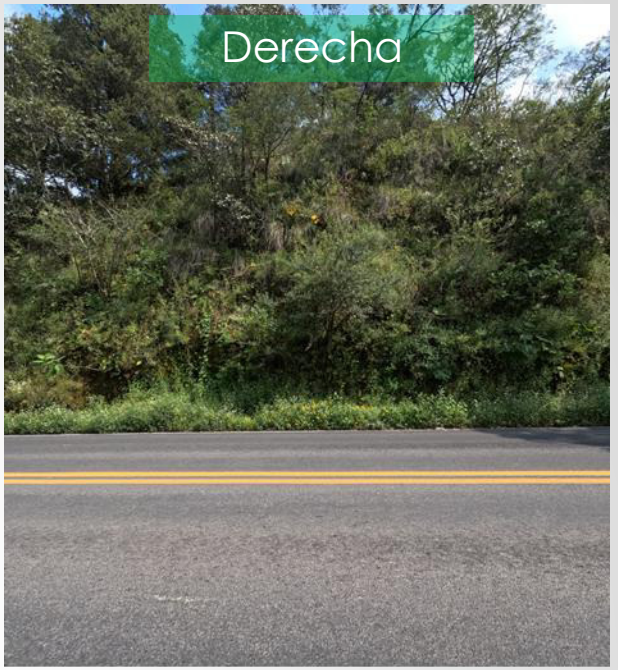
66+000

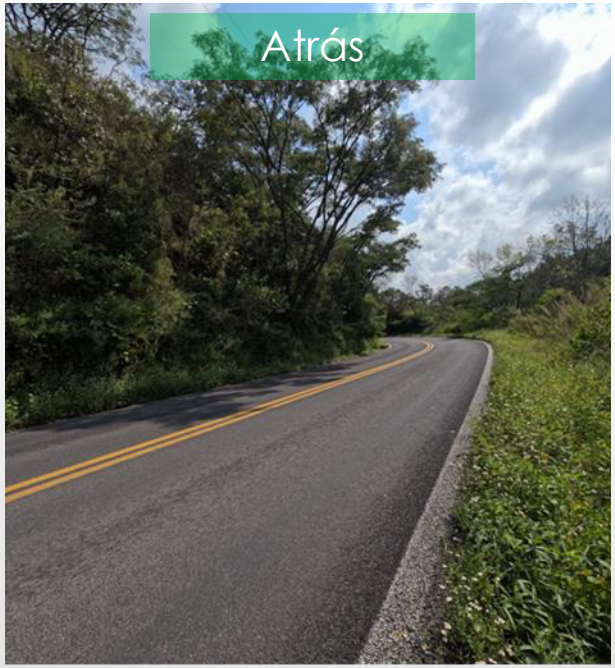
Inicia la zona urbanizada de la localidad de Temascaltepec de González, pero a los costados de la carretera actual la presencia de vegetación aún se aprecia con vegetación arbórea.

Coordenada

14Q 389735 2106512







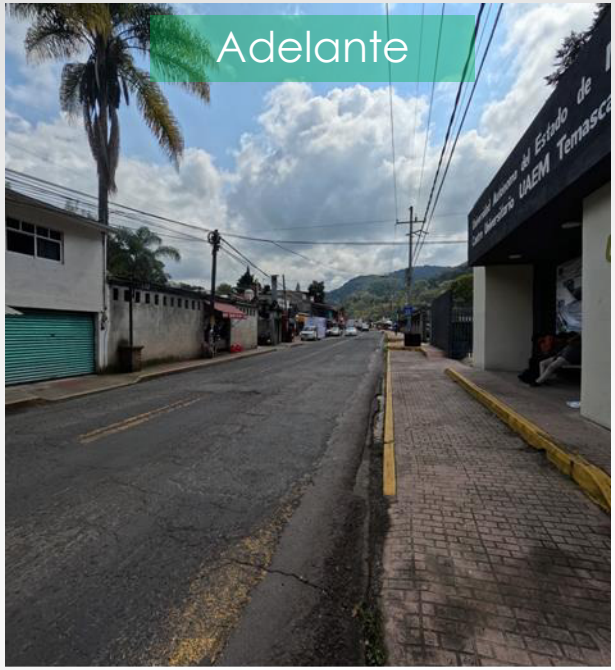


67+000

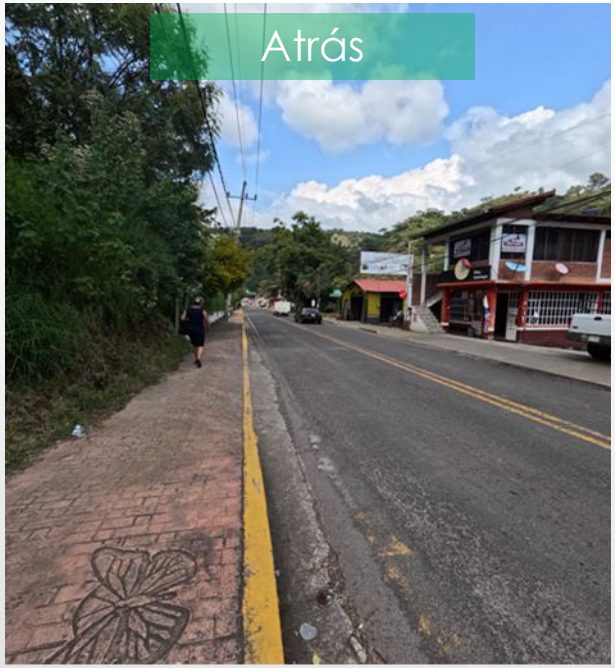
Zona urbana perteneciente a la localidad de Temascaltepec de González en donde la superficie de rodamiento presenta amplio deterioro.
En este punto se ubica el centro universitario de Temascaltepec perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Coordenada

14Q 389362 2106199







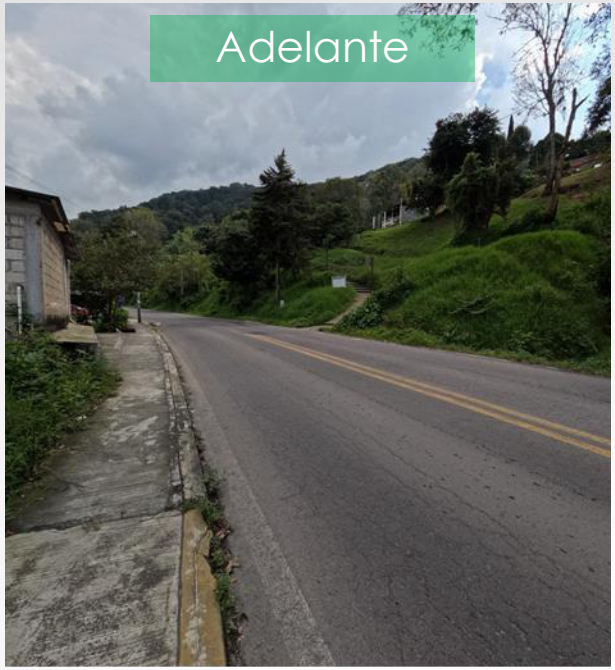


68+000

Continua la zona urbana con alta presencia de vegetación ruderal y de borde a los costados del camino, además de la presencia de individuos arbóreos de especies de principal uso ornamental.

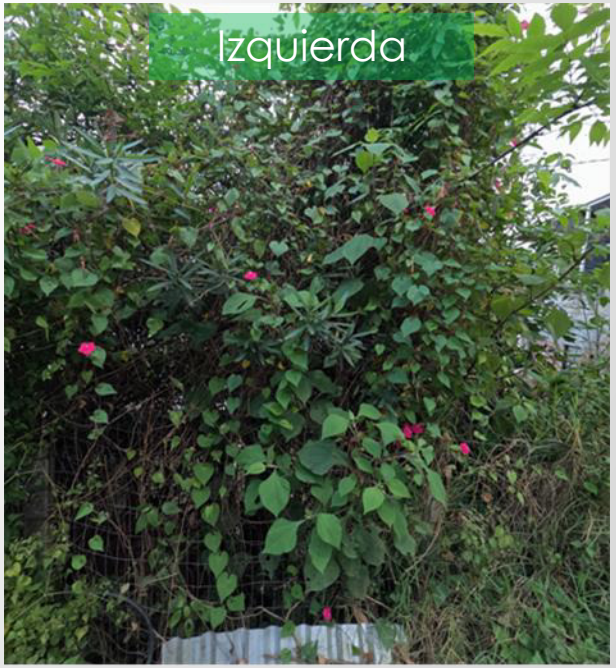
Coordenada

14Q 390223 2105885









69+000

La carretera aun se desplaza dentro de la localidad de Temascaltepec de González. La superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones en este punto.

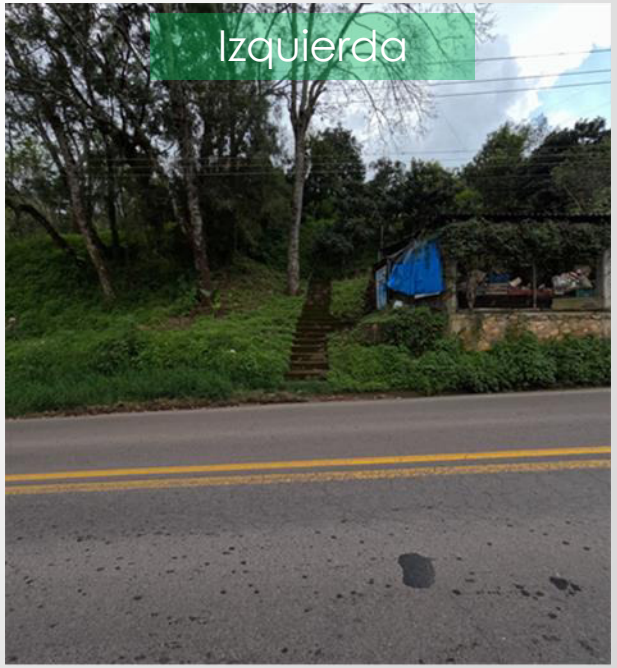
Coordenada

14Q 390032 2105724







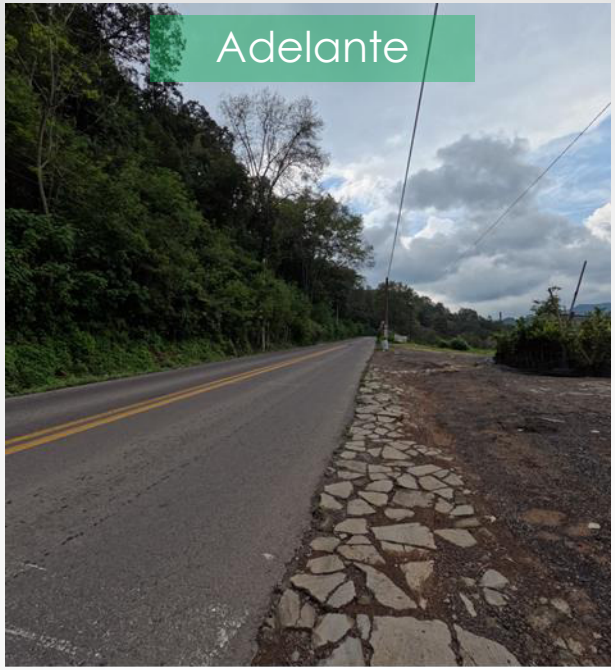


70+000

Continua la zona urbana. La vegetación mayormente presente en las inmediaciones de la carretera actual se conforma por especies ruderales, de borde e individuos arbóreos de especies ornamentales.

Coordenada

14Q 389068 2105694







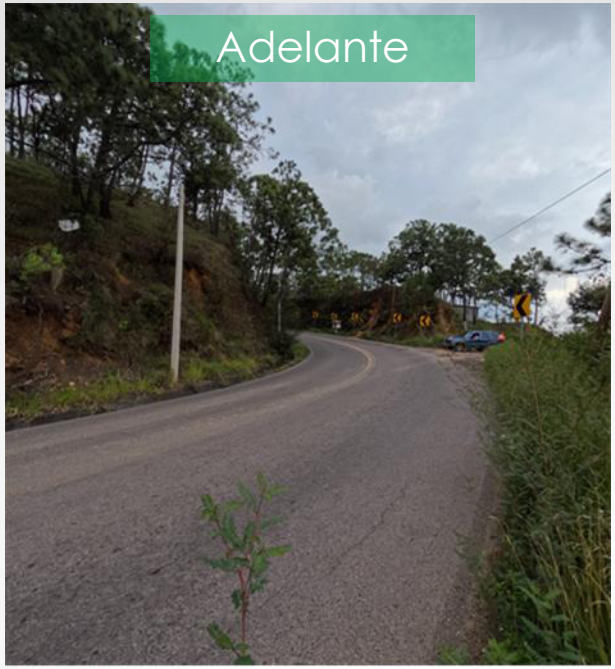


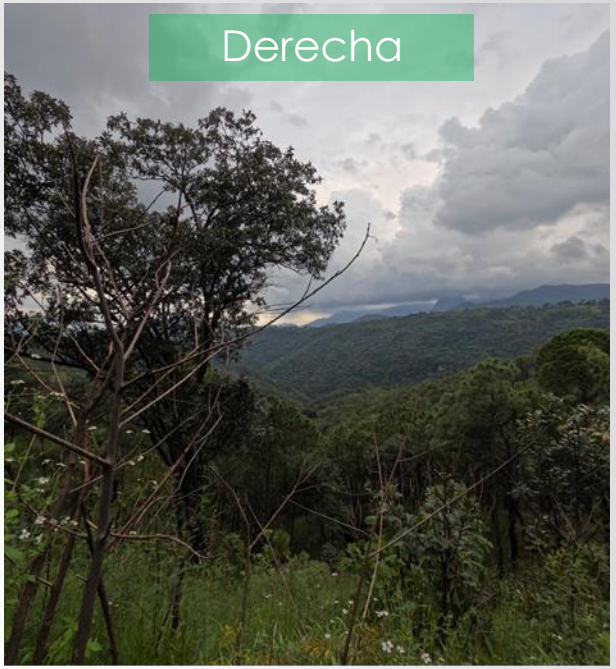
71+000

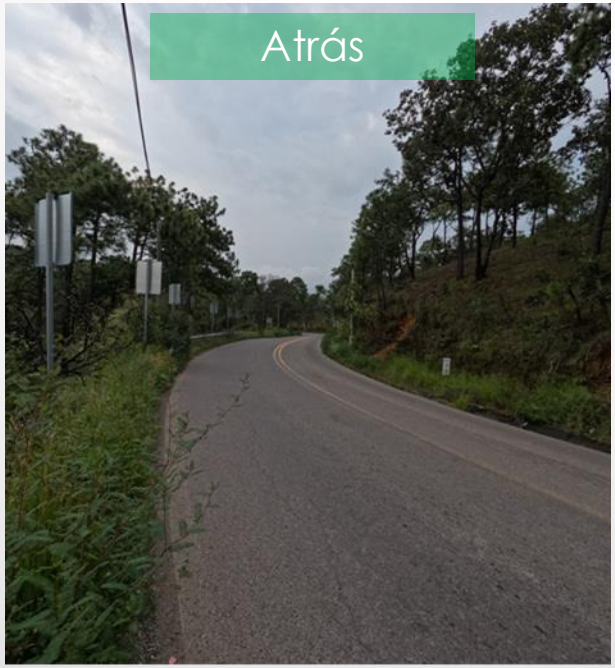
Carpeta de rodamiento en buen estado para la circulación vehicular, con presencia de cunetas en estado funcional.
En las cercanías se encuentra el bausero de Temascaltepec, el cual es a cielo abierto.

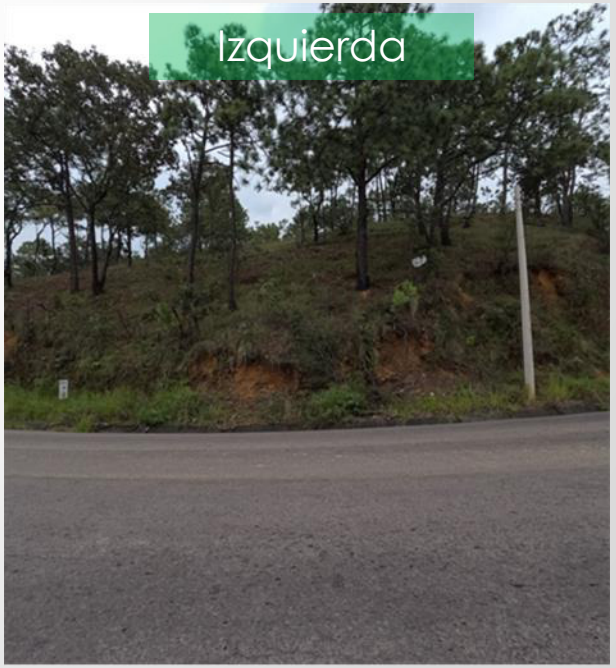
Coordenada

14Q 388685 2105515







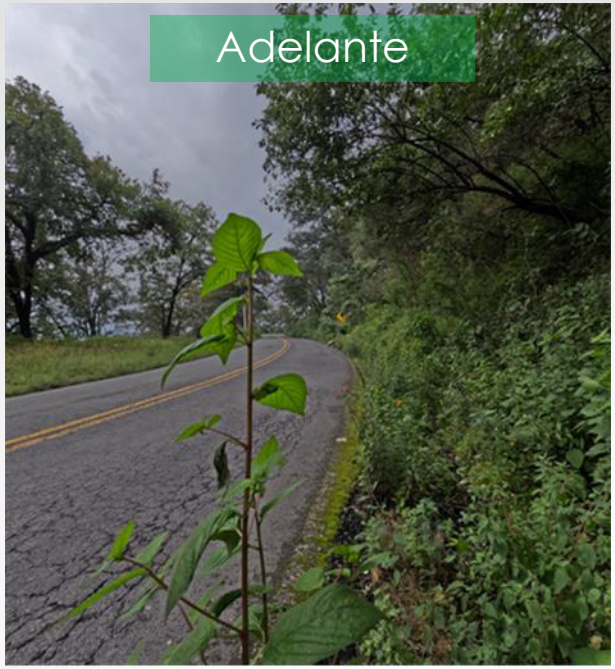


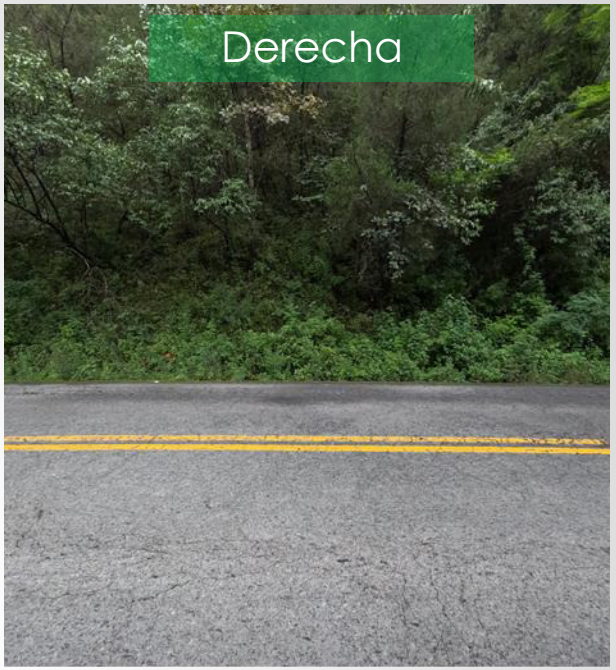
72+000

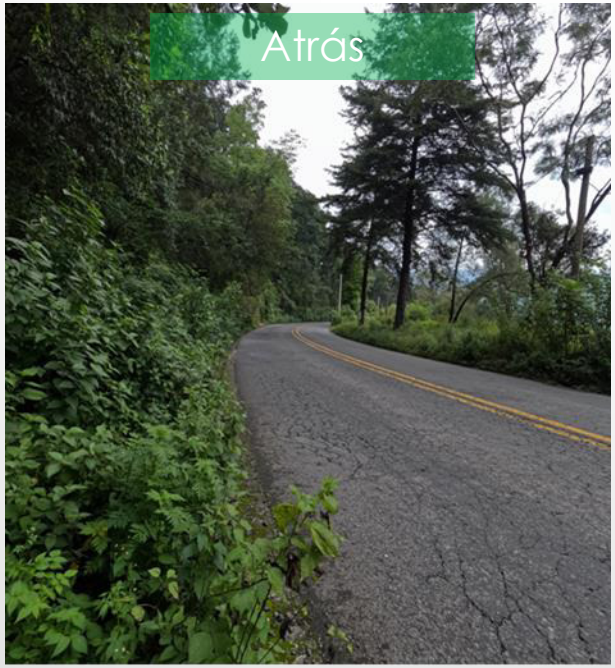
Carpeta de rodamiento funcional, pero con presencia de daños, la circulación es a 2 carriles, uno por sentido.

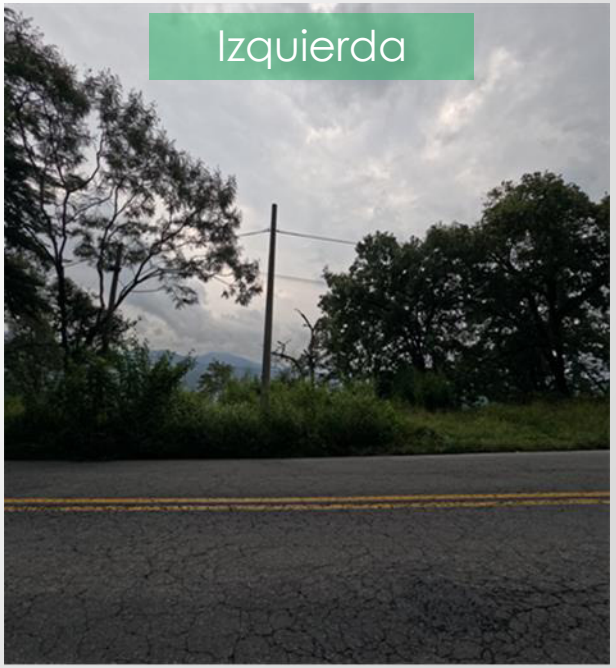
Coordenada

14Q 389600 2105392







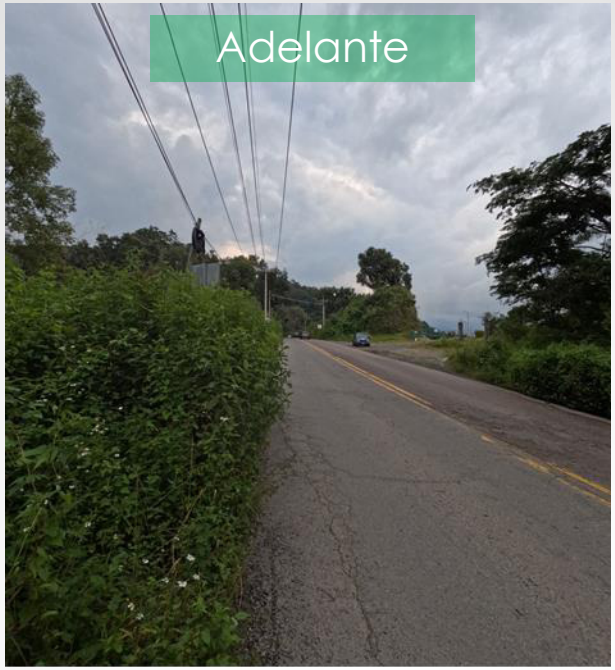


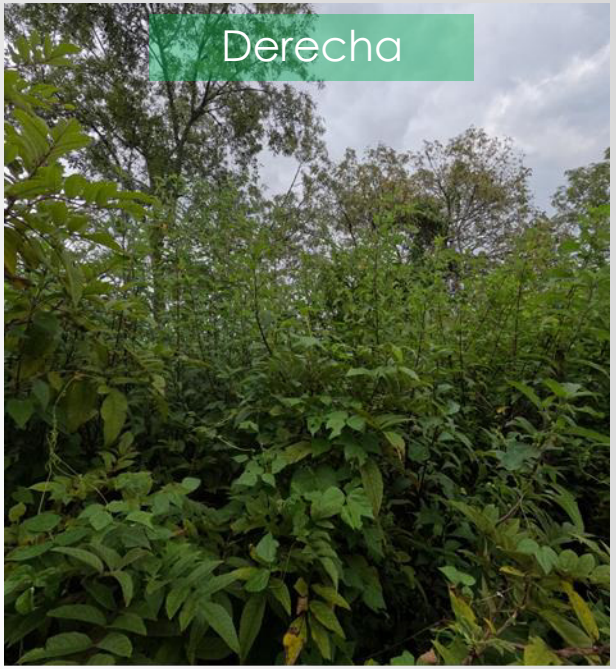
73+230

En este sitio termina el tramo contemplado para las obras de ampliación incluidos en la presente MIA-R del proyecto. La carretera continua a 2 carriles con superficie de rodamiento funcional y presencia dispersa de zonas urbanizadas.

Coordenada

14Q 390308 2105027



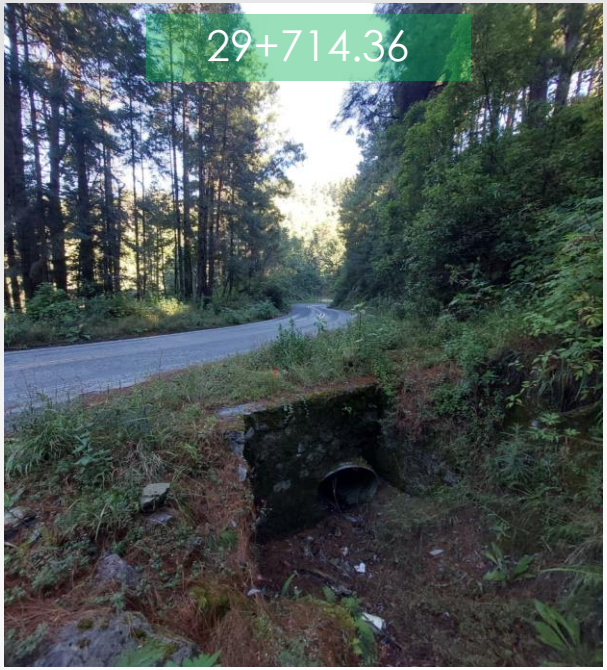


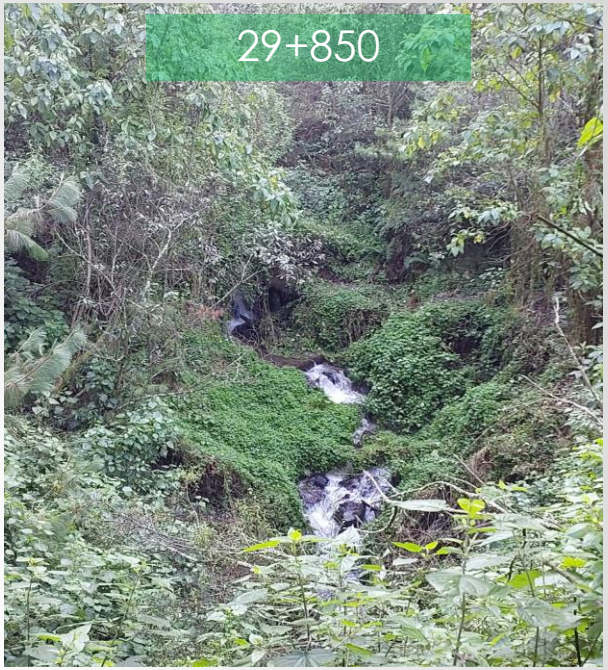


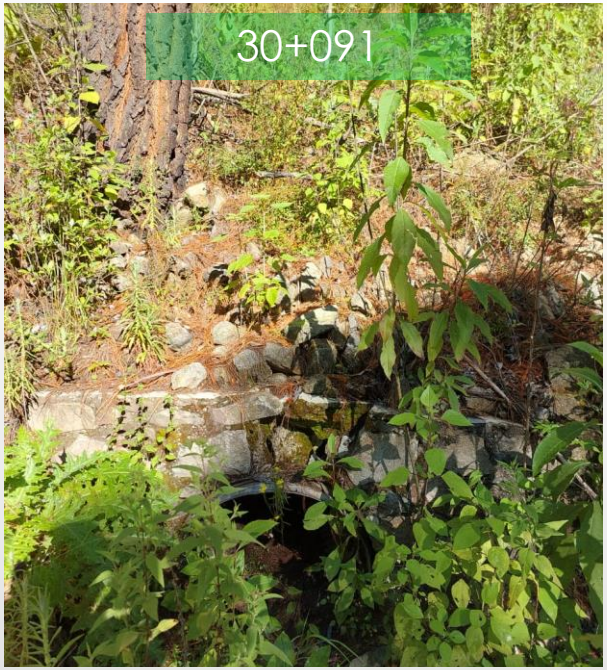


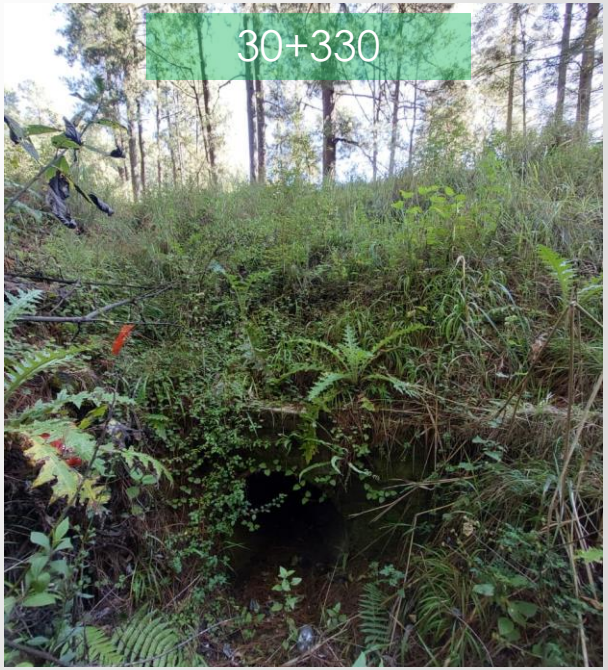
Obras de drenaje

29+714.36: Obra de drenaje con algunos daños en cabezales tubo de lámina y presenta ligero azolve por presencia de material vegetal.
29+850: Obra de drenaje funcional, no presenta presencia de basura en su cauce.
30+091: Tubo de concreto con azolve al 60%, daños en cabezales
30+330: Tubo de concreto, con presencia de material vegetal pero sin azolve.





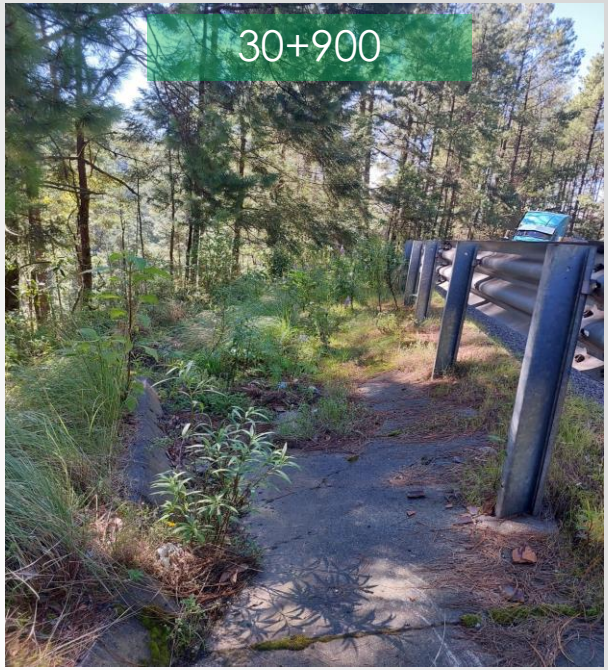


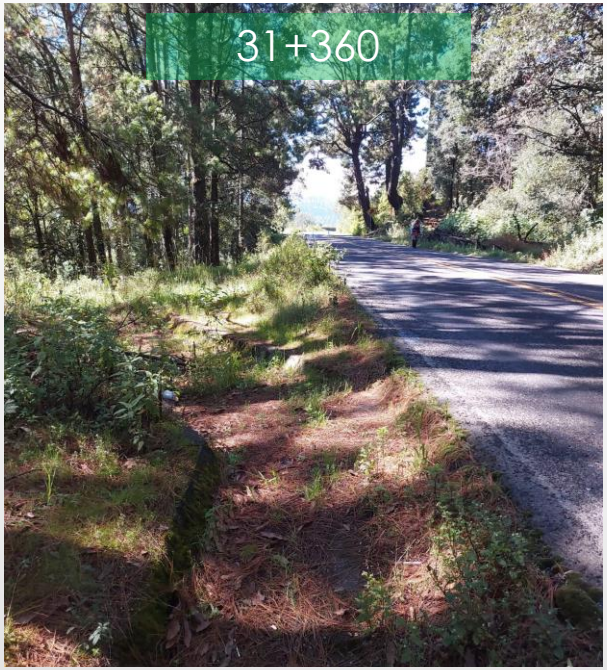


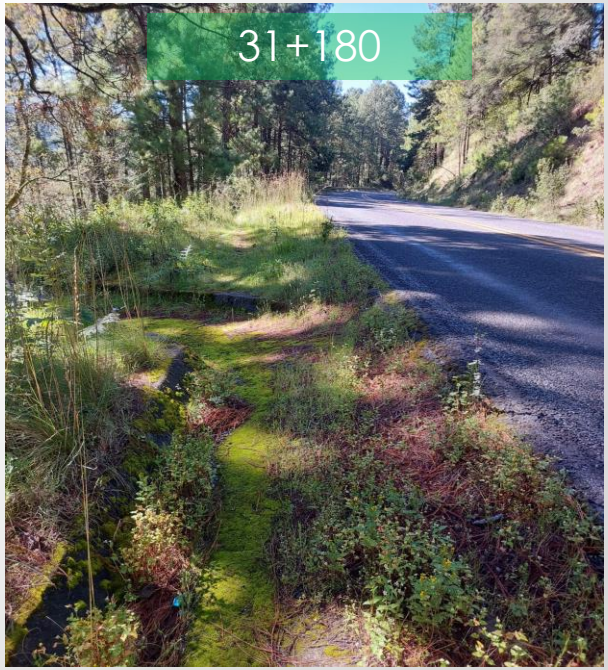
Obras de drenaje

30+586: Amplia presencia de material vegetal con alto nivel de azolve.
30+900: Lavadero con crecimiento de vegetación y ligero daño estructural.
31+360: Lavadero con abundante material vegetal.
31+180: Lavadero con crecimiento de vegetación y azolve por material vegetal.



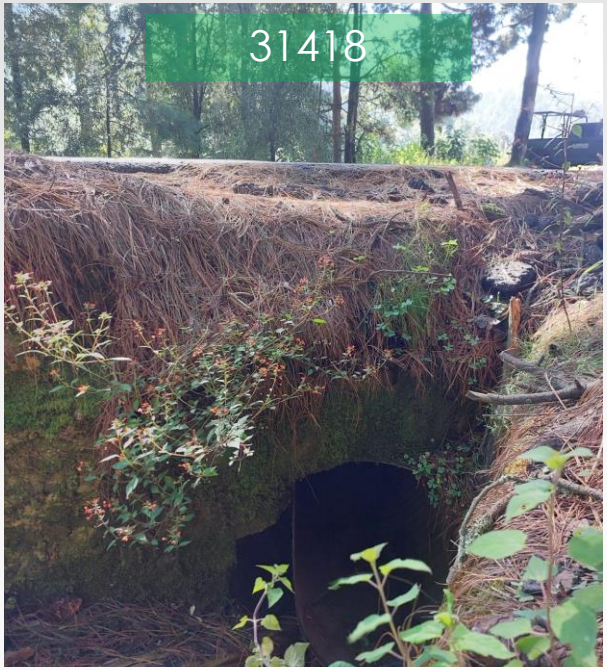


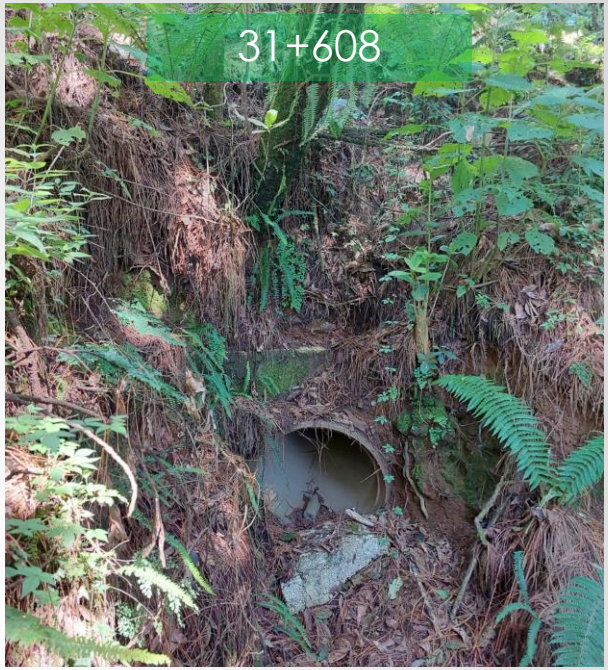




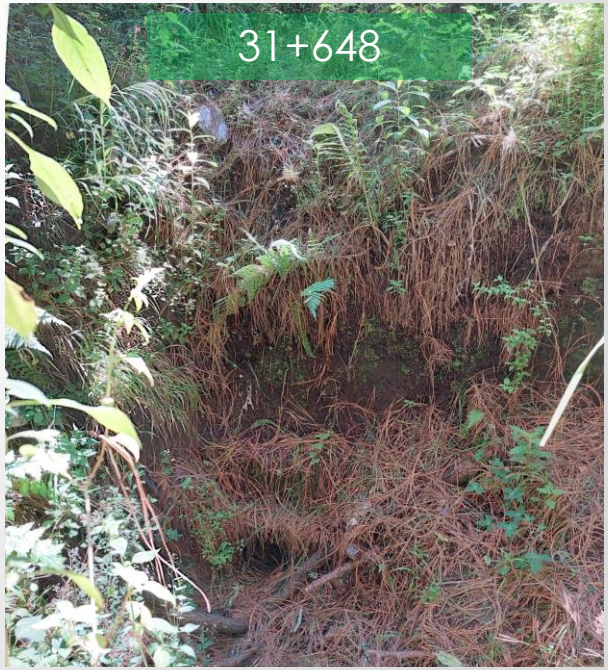
Obras de drenaje

31+418: Tubo de lámina, presenta amplio daño estructural y funcionamiento deficiente.
31+608: Tubo de concreto con presencia de material vegetal, sin azolve.
31+639: Lavadero con azolve y alta presencia de crecimiento de vegetación.
31+648: Obra de drenaje cubierta con vegetación, azolve parcial.



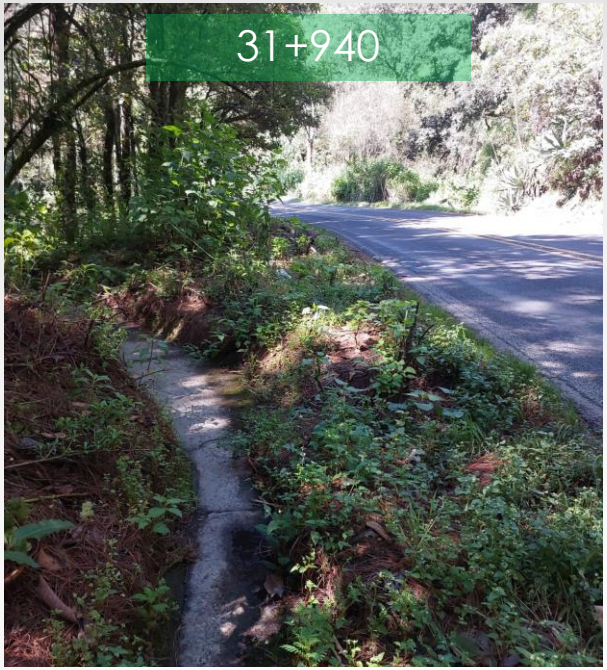


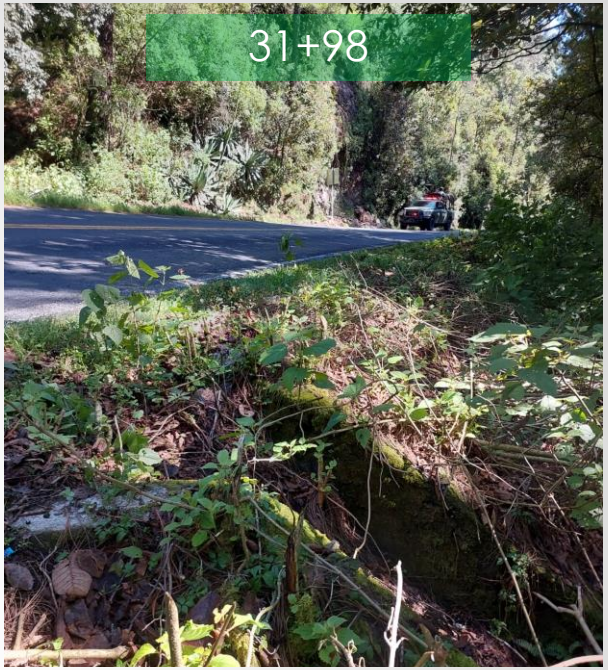


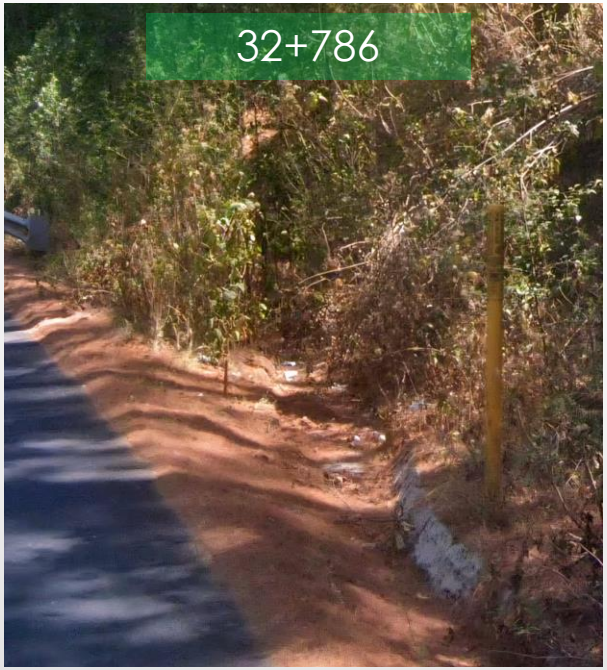


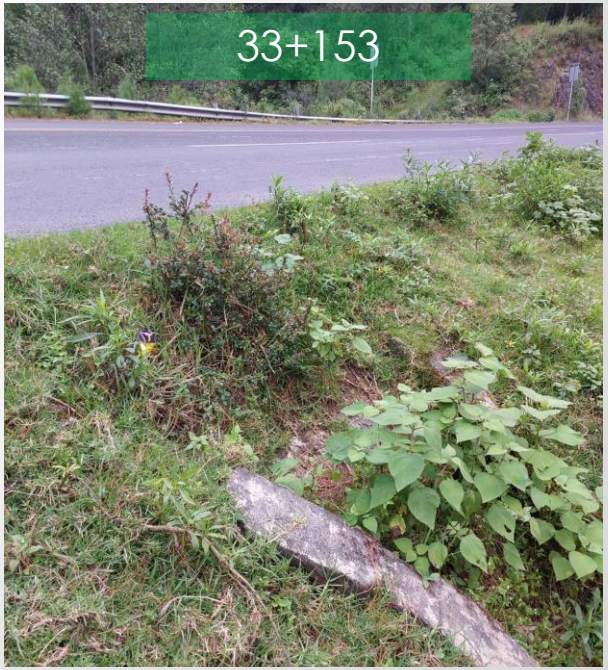
Obras de drenaje

31+940: Lavadero con crecimiento de vegetación y ligero daño estructural.
31+98: Lavadero con crecimiento de vegetación y azolve ligero por material vegetal.
32+786: Lavadero con presencia de basura y material vegetal.
33+153: Lavadero con daño estructural total.



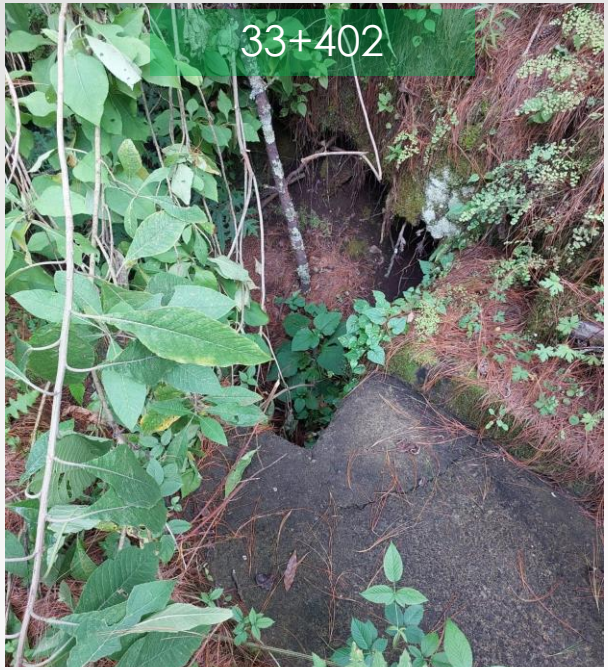




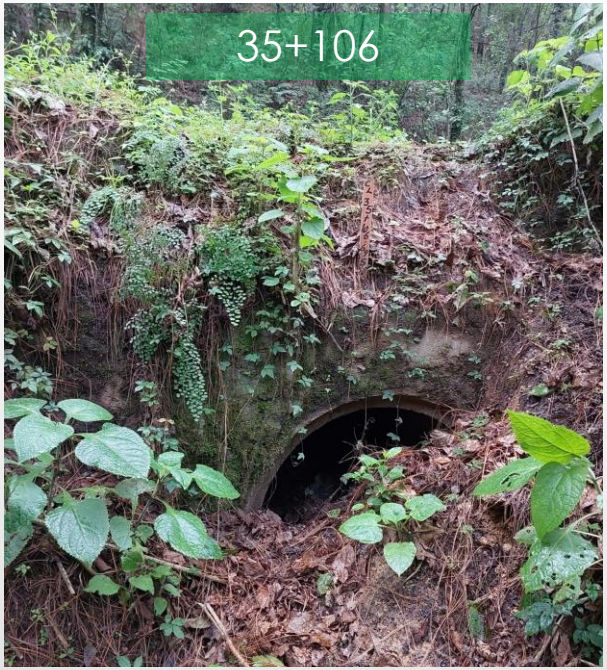


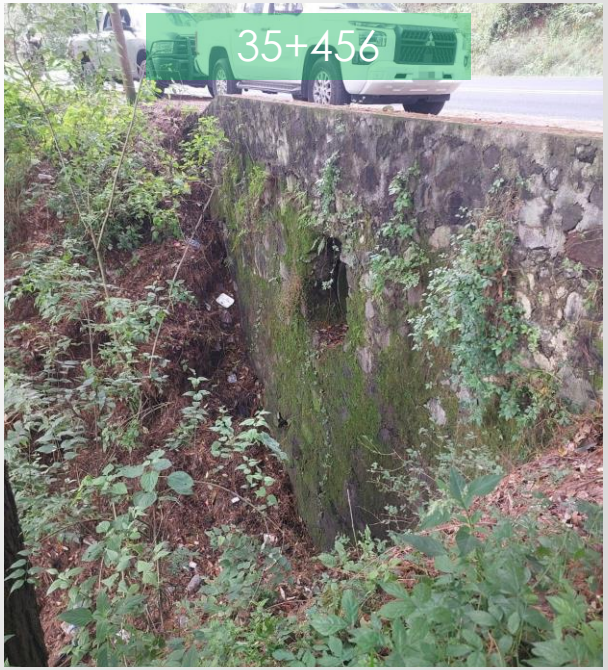
Obras de drenaje

33+402: Lavadero con daño estructural importante.
33+776: lavadero en buen estado y funcional.
35+106: Tubo de concreto con azolve al 80% por material vegetal.
35+421:Tubo de lámina en estado funcional, ligera presencia de residuos en el cauce.



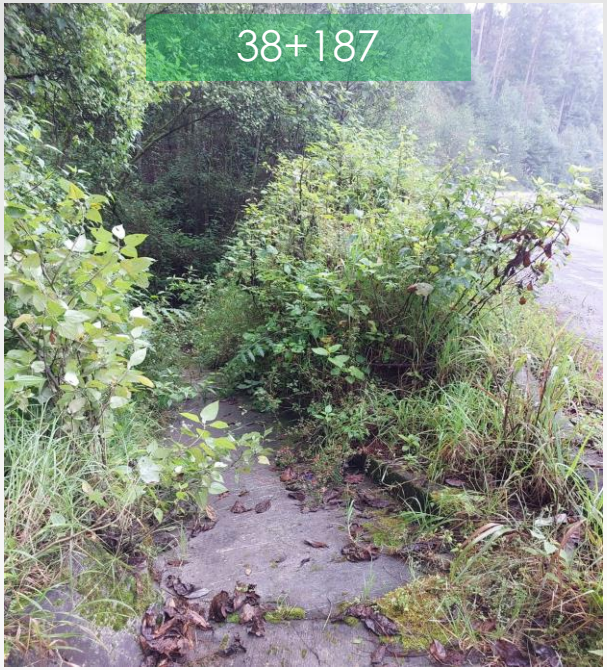




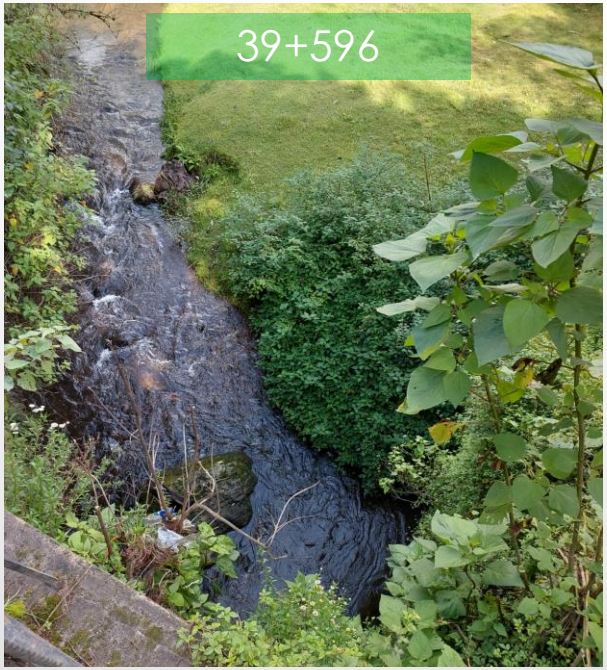


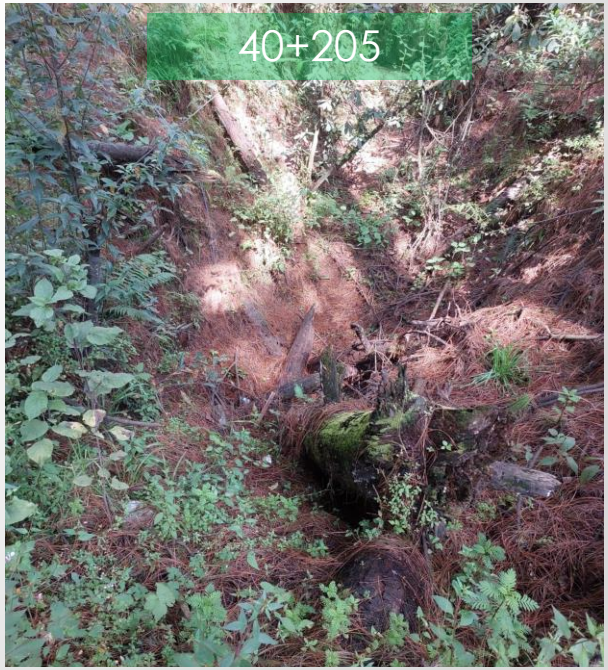
Obras de drenaje

38+187: Lavadero con crecimiento de vegetación, presenta daño estructural.
39+149: Loza con amplio daño estructural.
39+596: Cauce con ligera presencia de residuos.
40+205: Cauce con amplia presencia de material vegetal y azolve parcial.





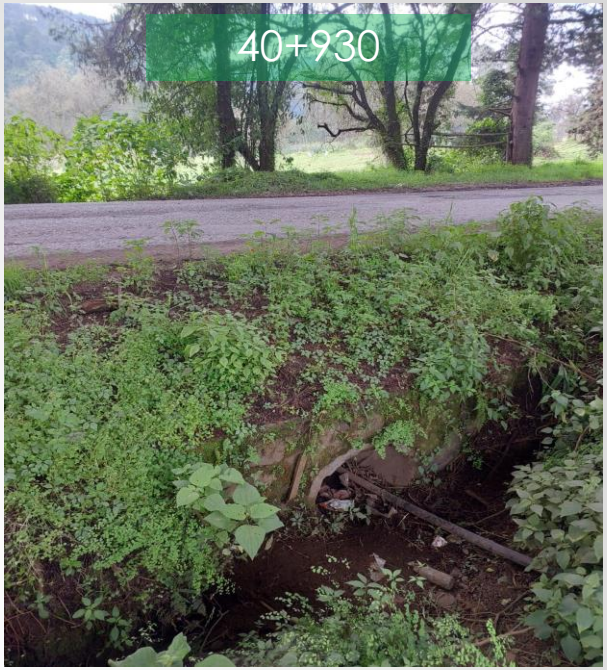


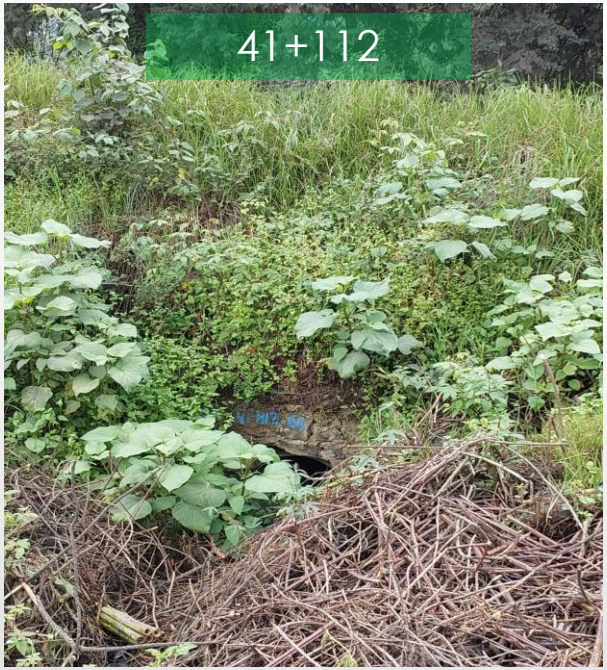


Obras de drenaje

40+626: Tubo de concreto con azolve al 70% por material vegetal.
40+930:Tubo de concreto con azolve de material térreo al 50%.
41+112: Tubo de lámina con importante daño en cabezales y tubería.
42+783: Obra totalmente azolvada por presencia de material vegetal depositado.



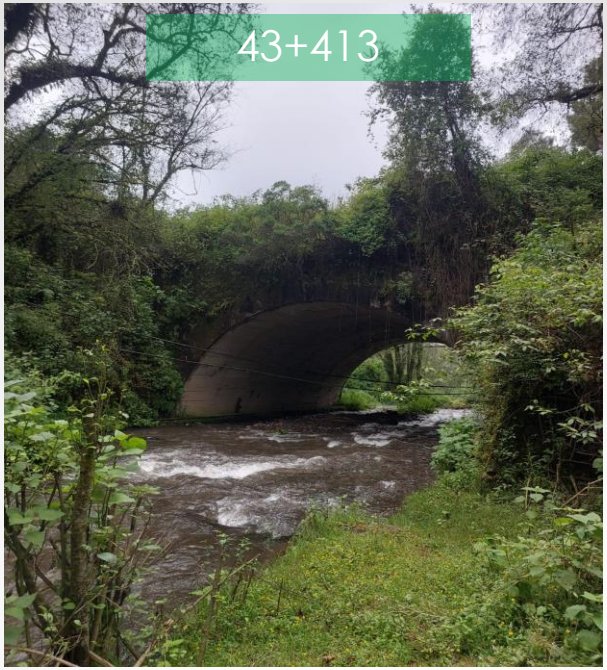


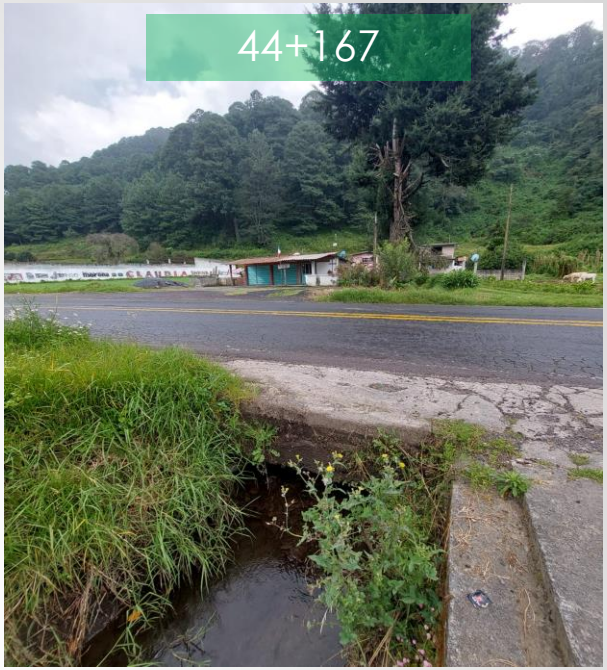


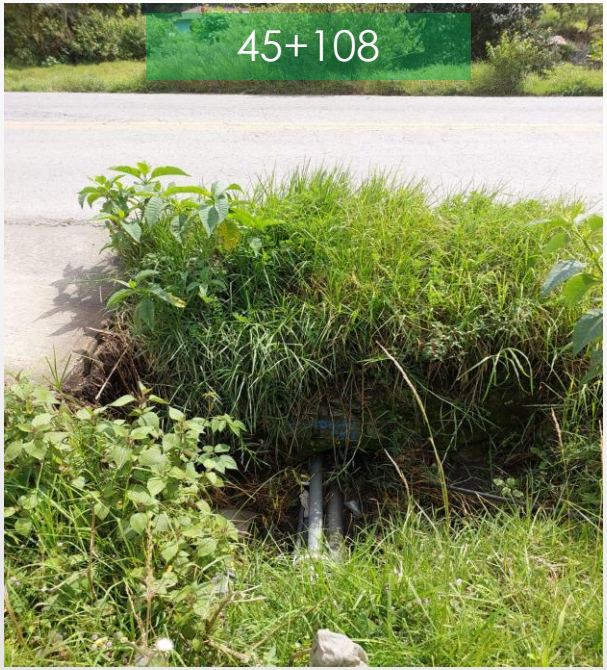


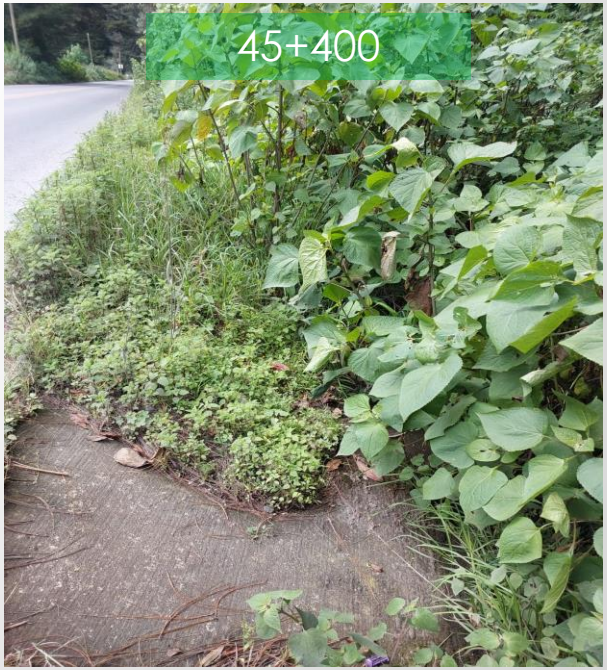
Obras de drenaje

43+413:Bovéda amplia, cauce sin presencia de residuos.
44+167: Tubo de lámina con ligero azolve de material vegetal.
45+108: Tubo de lámina con azolve casi total por material vegetal y presencia de tuberías.
45+400: Lavadero con crecimiento de vegetación.





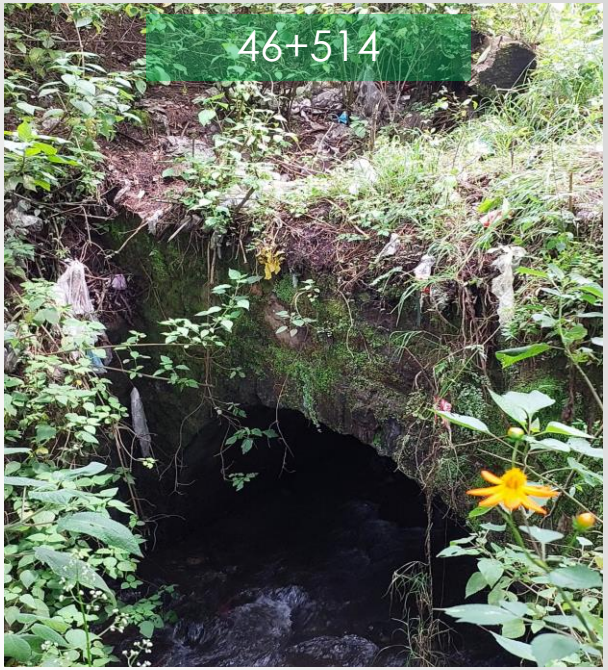




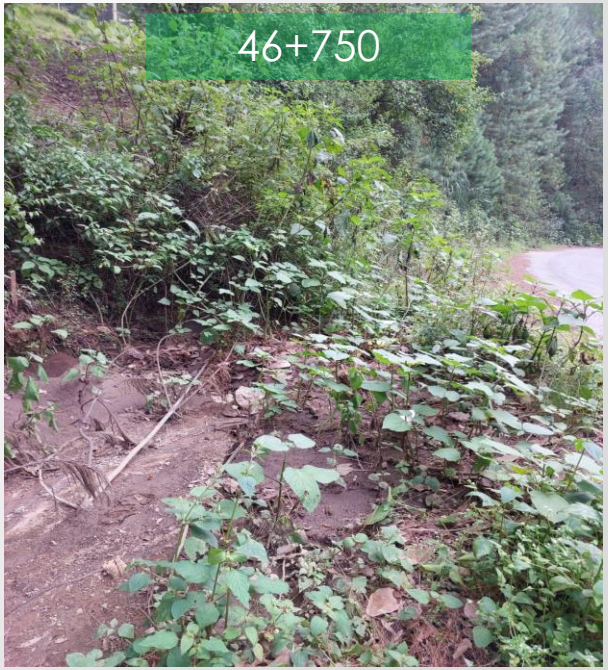
Obras de drenaje

46+160: Lavadero con crecimiento de vegetación y azolve por material vegetal.
46+514: Bóveda con presencia de residuos en el cauce.
46+757: Obra de drenaje totalmente cubierta por crecimiento de vegetación.
46+750: Lavadero con crecimiento de vegetación y ligero daño estructural.



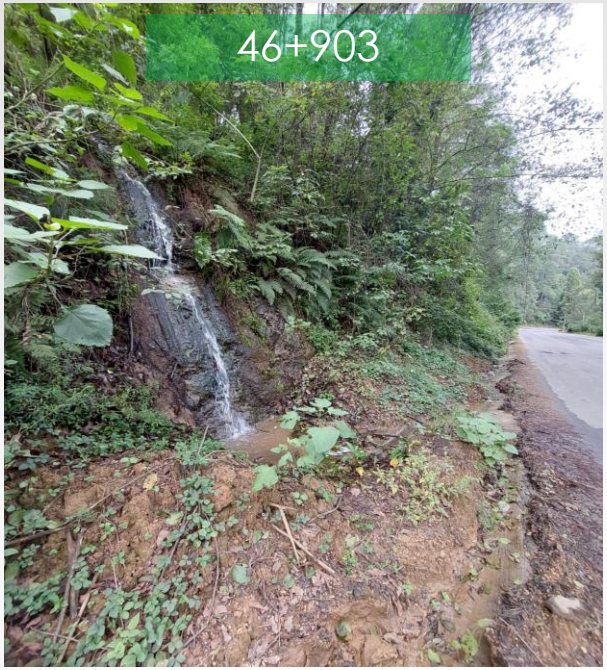




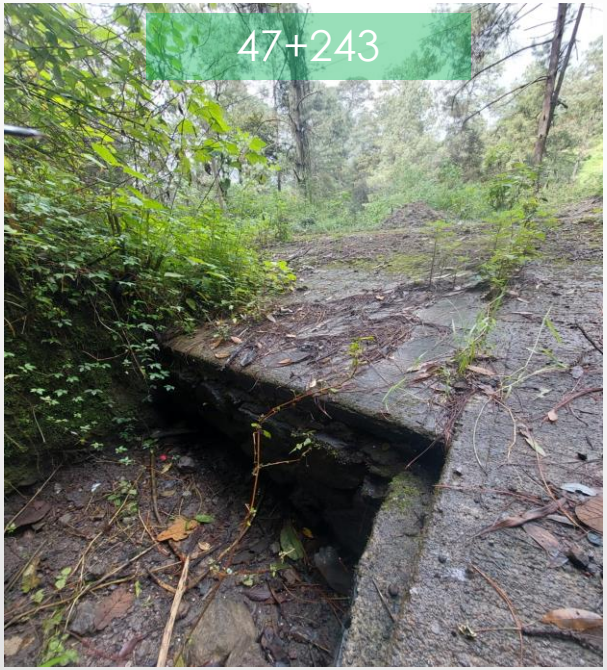


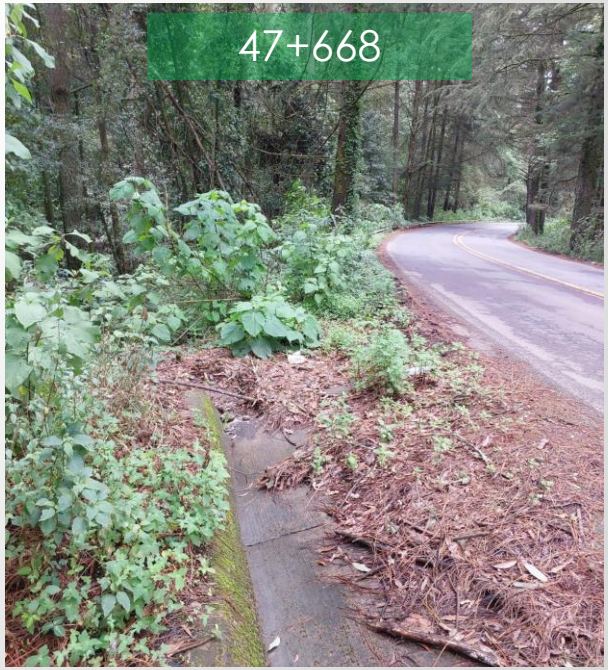
Obras de drenaje

46+903: Obra de drenaje totalmente azolvada.
47+014: Obra totalmente azolvada.
47+243: Obra con ligera presencia de residuos y amplio azolve por material terreo y vegetal.
47+668: Lavadero con presencia de material vegetal.





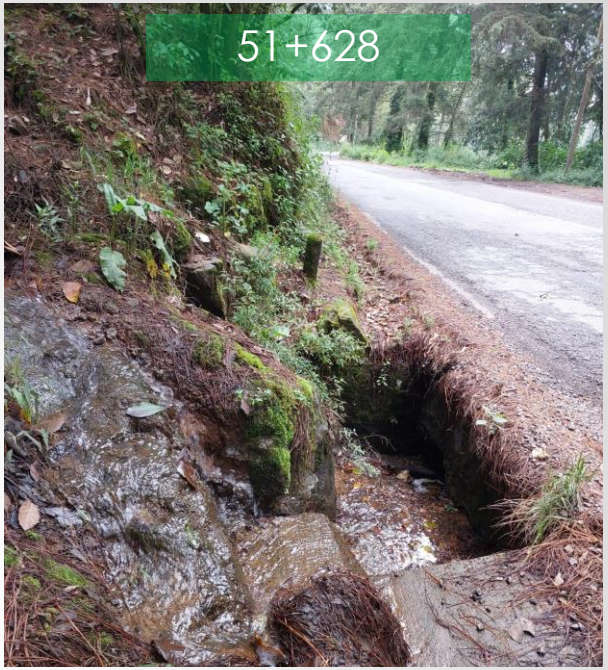




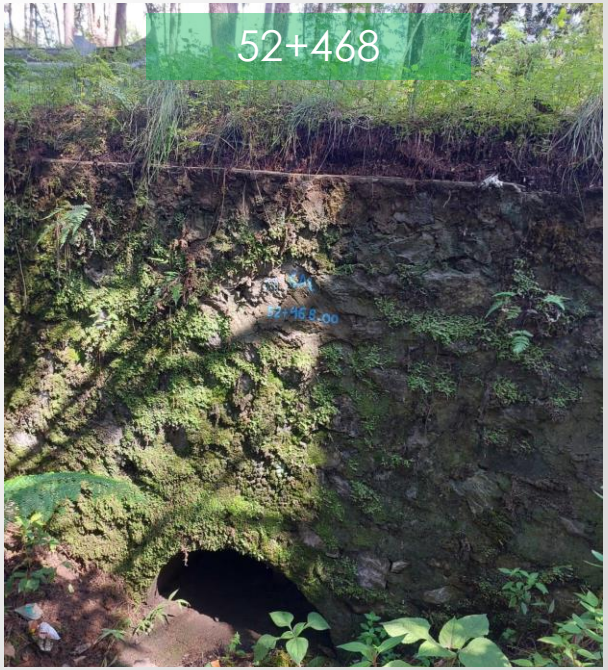
Obras de drenaje

49+466: Tubo de concreto con azolve al 60 % por material térreo y vegetal.
51+628: Caja captadora con amplio azolve por material vegetal y térreo.
51+854: Estructura con azolve de material vegetal.
52+468: Tubo de concreto con azolve al 50% con material térreo y vegetal.



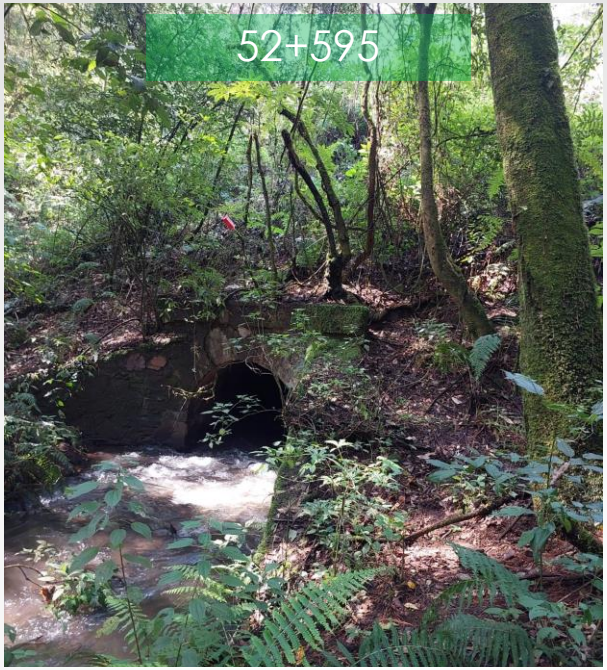


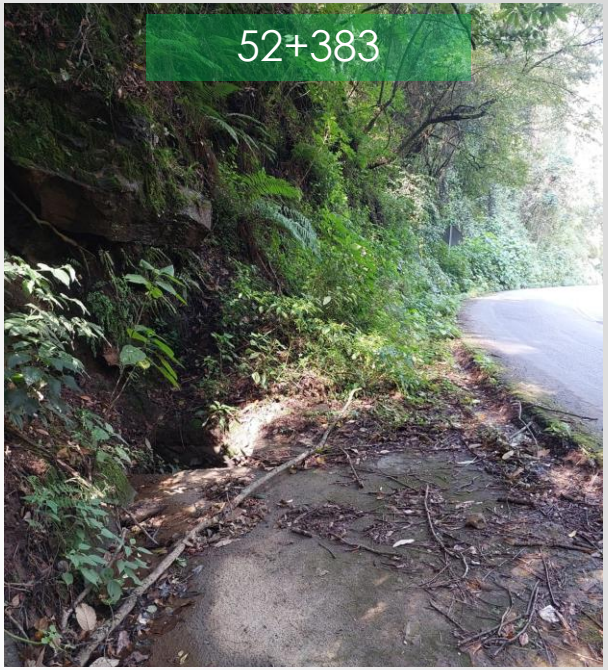




Obras de drenaje

52+595: Bóveda en estado funcional, el cauce presenta ligeros residuos.
52+383: Caja de captación funcional con ligero azolve por material vegetal.
53+961: Tubo de concreto en estado funcional.
54+178: Estructura funcional con presencia de material vegetal.







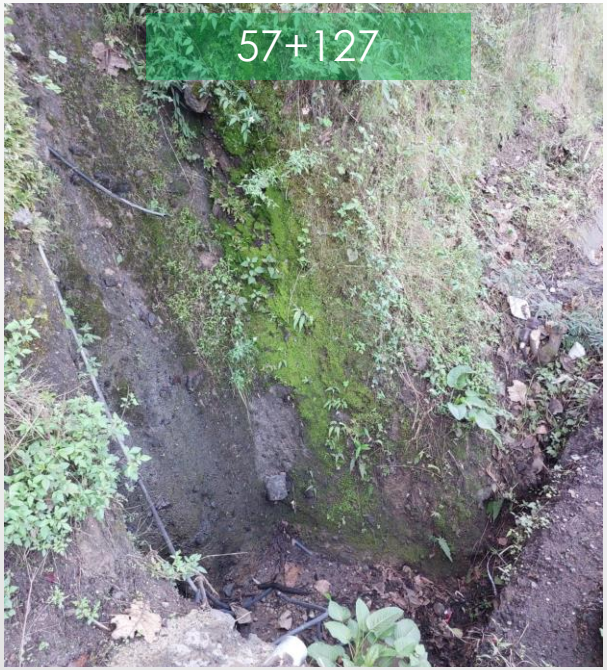


Obras de drenaje

54+475: cauce con presencia de material vegetal.
54+592: Tubo de lámina con azolve al 60% por material térreo y vegetal con presencia de residuos.
57+127: Caja captadora con azolve de material térreo.
57+380: Tubo de concreto con azolve por materia térreo y residuos al 80%.





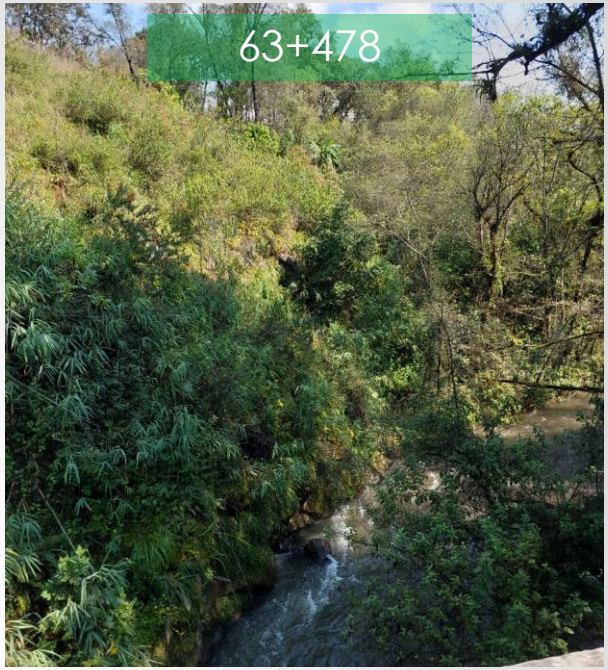


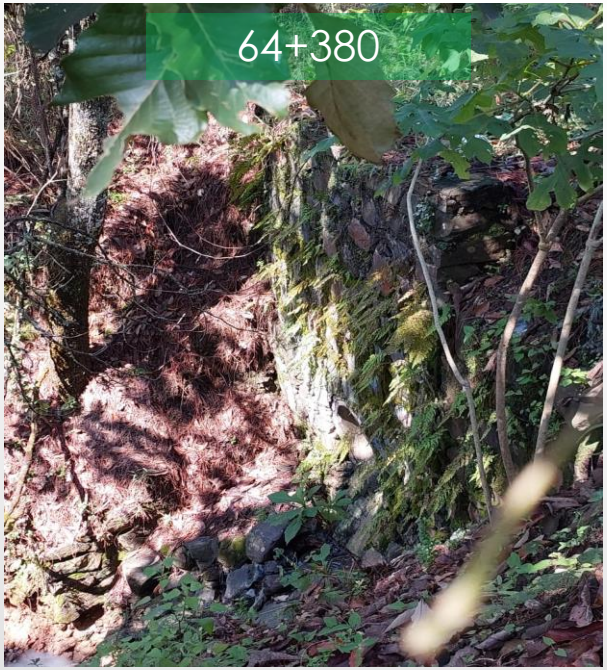


Obras de drenaje

60+440: Tubo de concreto con daño estructural .
63+478: Cauce sin presencia de residuos.
64+380: Tubo de concreto con daño estructural principalmente en cabezales.
64+456: Loza de concreto en estado funcional.





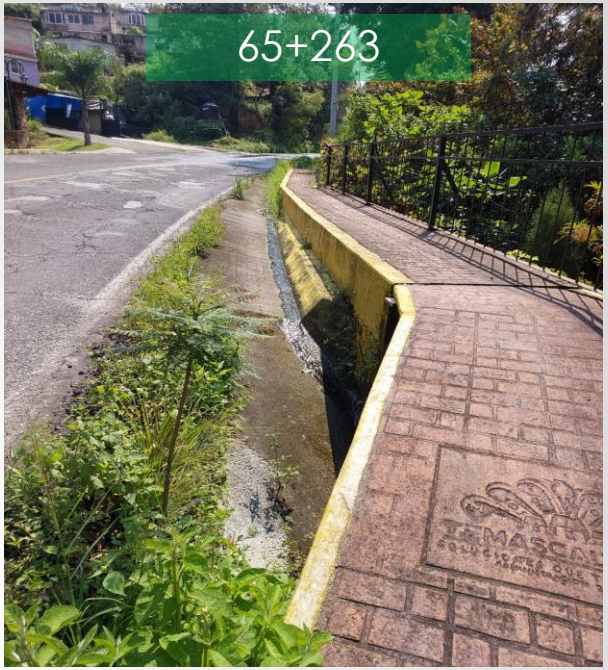




Obras de drenaje

64+661: Tubo de concreto con azolve al 80% por material térreo.
65+263: Estructura dentro de zona urbana en buen estado funcional.
67+719: Puente librando cauce del Arroyo Colorado, no se aprecia presencia de residuos.
69+314: Loza con presencia de vegetación sin azolve en estado funcional.









Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Catálogo Fotográfico de Flora











ALSTROEMIRIACEAE

Bomarea edulis



APIACEAE

Arracacia atropurpurea



APIACEAE

Eryngium alternatum



APIACEAE

Eryngium carlinae



ARALIACEAE

Hydrocotyle ranunculoides



ARALIACEAE

Oreopanax xalapensis



ASPARAGACEAE

Agave inaequidens



ASPARAGACEAE

Agave salmiana



ASPARAGACEAE

Echeandia flavescens



ASPARAGACEAE

Echeandia parviflora



ASPARAGACEAE

Furcraea parmentieri



ASPARAGACEAE

Maianthemum scilloideum



ASPLENIACEAE

Asplenium monanthes



ASTERACEAE

Ageratina adenophora



ASTERACEAE

Ageratina glabrata



ASTERACEAE

Ageratina grandifolia



ASTERACEAE

Baccharis conferta



ASTERACEAE

Bidens odorata



ASTERACEAE

Bidens ostruthioides



ASTERACEAE

Cirsium ehrenbergii



ASTERACEAE

Cirsium subcoriaceum



ASTERACEAE

Dahlia coccinea



ASTERACEAE

Dahlia imperialis



ASTERACEAE

Erigeron karvinskianus



ASTERACEAE

Galinsoga parviflora



ASTERACEAE

Jaegeria hirta



ASTERACEAE

Microspermum nummulariifolium



ASTERACEAE

Montanoa karvinskii



ASTERACEAE

Packera toluccana



ASTERACEAE

Perymenium globosum



ASTERACEAE

Psacalium peltatum



ASTERACEAE

Roldana albonervia



ASTERACEAE

Roldana angulifolia



ASTERACEAE

Roldana candicans



ASTERACEAE

Segesbeckia jorullensis



ASTERACEAE

Sigesbeckia agrestis



ASTERACEAE

Senecio inaequidens



ASTERACEAE

Simsia sanguinea



ASTERACEAE

Sonchus oleraceus



ASTERACEAE

Stevia ovata



ASTERACEAE

Tagetes foetidissima



ASTERACEAE

Tagetes lucida



ASTERACEAE

Tagetes filifolia



ASTERACEAE

Tagetes tenuifolia



ASTERACEAE

Taraxacum officinale



Telanthophora andrieuxii



ASTERACEAE

Verbesina fastigiata



BEGONIACEAE

Begonia balmisiana



BEGONIACEAE

Begonia gracilis



BERBERIDACEAE

Berberis moranensis



BETULACEAE

Alnus jorullensis



BRASSICACEAE

Raphanus raphanistrum



BROMELIACEAE

Catopis paniculata



BROMELIACEAE

Tillandsia dugesii



BROMELIACEAE

Tillandsia prodigiosa



CACTACEAE

Disocactus speciosus



CALCEOLARIACEAE

Calceolaria tripartita



CAPRIFOLIACEAE

Symphoricarpos microphyllus



CAPRIFOLIACEAE

Valeriana urticifolia



CARYOPHYLLACEAE

Stellaria cuspidata



CLETHRACEAE

Clethra mexicana



COMMELINACEAE

Commelina tuberulosa



COMMELINACEAE

Tradescantia zebrina



COMMELINACEAE

Tradescantia commelinoides



COMMELINACEAE

Tripogandra purpurascens



CONVOLVULACEAE

Cuscuta campestris



CONVOLVULACEAE

Ipomoea purpurea



CRASSULACEAE

Echeveria fulgens



CRASSULACEAE

Sedum bourgaei



CUPRESSACEAE

Hesperocyparis lusitanica



CUPRESSACEAE

Juniperus deppeana



Pteridium feei

DENNSTAEDTIACEAE



DRYOPTERIDACEAE

Dryopteris wallichiana



DRYOPTERIDACEAE

Elaphoglossum petiolatum



EQUISETACEAE

Equisetum hyemale



ERICACEAE

Arbutus xalapensis



ERICACEAE

Comarostaphylis discolor



ERICACEAE

Acalypha mollis



ERICACEAE

Euphorbia heterophylla



EUPHORBIACEAE

Euphorbia hirta



EUPHORBIACEAE

Ricinus communis



FABACEAE

Acaciella angustissima



FABACEAE

Calliandra houstoniana



FABACEAE

Cologania broussonetii



FABACEAE

Desmodium aparines



FABACEAE

Desmodium uncinatum



FABACEAE

Erythrina breviflora



FABACEAE

Lupinus aschenbornii



FABACEAE

Macroptilium gibbosifolium



FABACEAE

Mimosa galeottii



FABACEAE

Phaseolus coccineus



FABACEAE

Trifolium repens



FABACEAE

Vachellia farnesiana



FABACEAE

Vachellia pennatula



FABACEAE

Zornia thymifolia



FAGACEAE

Quercus calophylla



FAGACEAE

Quercus crassipes



FAGACEAE

Quercus magnoliifolia



FAGACEAE

Quercus laurina



FAGACEAE

Quercus rugosa



GARRYACEAE

Garrya laurifolia



GERANIACEAE

Geranium deltoideum



GERANIACEAE

Geranium seemannii



HYDROPHYLLACEAE

Phacelia platycarpa



Hypoxidaceae

Hypoxis mexicana



IRIDACEAE

Orthrosanthus exsertus



IRIDACEAE

Sisyrinchium tenuifolium



IRIDACEAE

Prunella vulgaris



LAMIACEAE

Salvia elegans



LAMIACEAE

Salvia gesneriiflora



LAMIACEAE

Salvia helianthemifolia



LAMIACEAE

Salvia iodantha



LAMIACEAE

Stachys eriantha



LENTIBULARIACEAE

Pinguicula moranensis



LILIACEAE

Calochortus spatulatus



LYTHRACEAE

Cuphea aequipetala



LYTHRACEAE

Cuphea wrightii



MALVACEAE

Anoda cristata



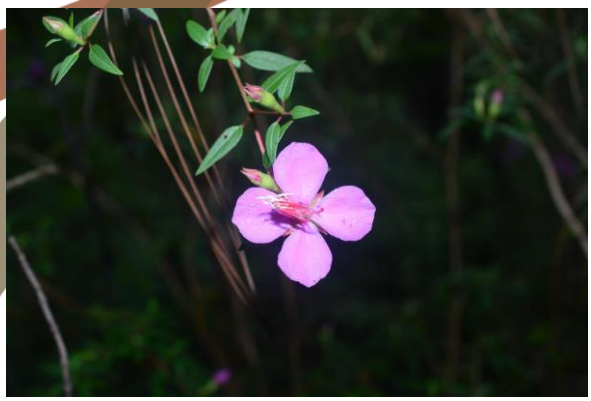
MALVACEAE

Sida rhombifolia



MARCHANTIACEAE

Marchantia polymorpha



MELASTOMATACEAE

Monochaetum calcaratum



MUSACEAE

Ensete ventricosum



MYRTACEAE

Psidium guajava



ONAGRACEAE

Fuchsia encliandra



ONAGRACEAE

Fuchsia microphylla



ONAGRACEAE

Fuchsia obconica



ONAGRACEAE

Lopezia racemosa



ONAGRACEAE

Oenothera deserticola



ONAGRACEAE

Oenothera rosea



ORCHIDACEAE

Bletia gracilis



ORCHIDACEAE

Bletia purpurata



ORCHIDACEAE

Encyclia microbulbon



ORCHIDACEAE

Stanhopea hernandezii



ORCHIDACEAE

Trichocentrum cavendishianum



OROBANCHACEAE

Castilleja nervata



OROBANCHACEAE

Castilleja tenuiflora



OXALIDACEAE

Oxalis alpina



OXALIDACEAE

Oxalis tetraphylla



PAPAVERACEAE

Bocconia frutescens



PHYTOLACCACEAE

Phytolacca icosandra



PIPERACEAE

Peperomia bracteata



PIPERACEAE

Peperomia galioides



PIPERACEAE

Peperomia hispidula



PINACEAE

Abies religiosa



PINACEAE

Pinus montezumae



PINACEAE

Pinus oocarpa



PLANTAGINACEAE

Penstemon roseus



PLANTAGINACEAE

Plantago australis



PLANTAGINACEAE

Cortaderia selloana



POACEAE

Melinis repens



POACEAE

Muhlenbergia macroura



POACEAE

Trachypogon spicatus



POACEAE

Trisetum virletii



POLYGALACEAE

Monnina ciliolata



POLYGONACEAE

Persicaria capitata



POLYGONACEAE

Persicaria nepalensis



POLYGONACEAE

Rumex obtusifolius



POLYPODIACEAE

Pleopeltis polylepis



POLYPODIACEAE

Polypodium guttatum



PTERIDACEAE

Adiantum andicola



PTERIDACEAE

Adiantum poiretii



PTERIDACEAE

Gaga kaulfussii



RHAMNACEAE

Ceanothus caeruleus



RHAMNACEAE

Rhamnus serrata



ROSACEAE

Acaena elongata



ROSACEAE

Crataegus mexicana



ROSACEAE

Prunus capuli



ROSACEAE

Fragaria vesca



ROSACEAE

Rubus liebmannii



RUBIACEAE

Bouvardia ternifolia



RUBIACEAE

Crusea longiflora



RUBIACEAE

Spermacoce verticillata



SALICACEAE

Salix bonplandiana



SALICACEAE

Salix paradoxa



SAXIFRAGACEAE

Heuchera orizabensis



SCROPHULARIACEAE

Buddleja cordata



SCROPHULARIACEAE

Buddleja parviflora



SOLANACEAE

Cestrum anagyris



SOLANACEAE

Cestrum nocturnum



SOLANACEAE

Cestrum thyrsoideum



SOLANACEAE

Solanum aligerum



SOLANACEAE

Solanum appendiculatum



SYMPLOCACEAE

Symplocos citrea



URTICACEAE

Phenax hirtus

LISTADO DE FLORA REGISTRADA EN CAMPO

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Alstroemiriaceae	*Bomarea edulis*	Zarcilla	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiaceae	*Arracacia atropurpurea*	Carrizo chico	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Eryngium alternatum*	Hierba del sapo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Eryngium carlinae*	Cabezona	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Araliaceae	*Hydrocotyle ranunculoides*	Malacote	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Oreopanax xalapensis*	Macuilillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Asparagaceae	*Agave inaequidens*	Maguey	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Agave salmiana*	Maguey pulquero	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Echeandia flavescens*	Coyamol	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Echeandia parviflora*	No conocido	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Furcraea parmentieri*	Falso maguey grande	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Maianthemum scilloideum*	Sello de Salomón falso	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida	Aspleniaceae	*Asplenium monanthes*	Helecho perejil de un soro	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteraceae	*Ageratina adenophora*	Flor de espuna	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Ageratina glabrata*	Chamisa	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Ageratina grandifolia*	Raíces de serpiente	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Baccharis conferta*	Escoba	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Bidens odorata*	Aceitilla	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Bidens ostruthioides*	Aceitilla	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cirsium ehrenbergii*	Cardo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cirsium subcoriaceum*	Cardo santo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cosmos bipinnatus*	Mirasol	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Dahlia coccinea*	Dalia roja	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Dahlia imperialis*	Dalia imperial	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Erigeron karvinskianus*	Marimonia	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Galinsoga parviflora*	Albahaca silvestre	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Jaegeria hirta*	Botón amarillo	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Microspermum nummulariifolium*	Bolsilla	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Montanoa karvinskii*	Tacote	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Packera toluccana*	Rabanillo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Perymenium globosum*	Aceitilla morada	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Psacalium peltatum*	Matarique	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Roldana albonervia*	Lagunillas	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Roldana angulifolia*	Crucete	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Roldana candicans*	Hediondilla	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Senecio inaequidens*	Manzanilla de llano	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Sigesbeckia jorullensis*	Flor de araña	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Simsia sanguinea*	Acahual	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Sonchus oleraceus*	Lechuguilla común	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Stevia ovata*	Hierba del aire	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Tagetes foetidissima*	Flor de muerto	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Tagetes lucida*	Pericon	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Tagetes tenuifolia*	Cempasúchil de campo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Tagetes filifolia*	Anisillo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Taraxacum officinale*	Diente de león	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Telanthophora andrieuxii*	Bejuco de agua	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Trigonospermum annuum*	No conocido	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Verbesina fastigiata*	Tabaco amarillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Begoniaceae	*Begonia balmisiana*	Gorupito	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Begonia gracilis*	Ala de ángel	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Berberidaceae	*Berberis moranensis*	Palo amarillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Betulaceae	*Alnus jorullensis*	Aile	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicaceae	*Raphanus raphanistrum*	Rabanillo	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Bromeliaceae	*Catopsis paniculata*	Bromelia	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Tillandsia dugesii*	Magueyito de puntas	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Tillandsia prodigiosa*	Tecomele	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Cactaceae	*Disocactus speciosus*	Pitaya de cerro	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Calceolariaceae	*Calceolaria tripartita*	Zapatitos dorados de Venus	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caprifoliaceae	*Symphoricarpos microphyllus*	Perlita	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Valeriana urticifolia*	Hierba amarga	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllaceae	*Stellaria cuspidata*	Hierba del pollo mexicana	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Clethraceae	*Clethra mexicana*	Mamojuaxtle	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Commelinaceae	*Commelina tuberulosa*	Hierba del pollo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Tradescantia zebrina*	Matalí	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Tradescantia commelinoides*	Lluia	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Tripogandra purpurascens*	Hierba del pollo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Convolvulaceae	*Cuscuta campestris*	Cabellos de angel	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Ipomoea purpurea*	Campanitas	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Crassulaceae	*Echeveria fulgens*	Conchita	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Sedum bourgaei*	Texiote	Herbácea	Nativa	-
Pinophyta	Pinopsida	Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitanica*	Cedro blanco	Arbóreo	Nativa	Pr
Pinophyta	Pinopsida		*Juniperus deppeana*	Sabino	Arbustiva	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida	Dennstaedtiaceae	*Pteridium feei*	Crespililla	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida	Dryopteridaceae	*Dryopteris wallichiana*	Cabeza de chivo	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida		*Elaphoglossum petiolatum*	Helecho	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Equisetophyta	Equisetopsida	Equisetaceae	*Equisetum hyemale*	Cola de caballo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Ericaceae	*Arbutus xalapensis*	Madroño	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Comarostaphylis discolor*	Arrayán	Arbóreo	Nativa	Pr
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Comarostaphylis polifolia*	Naríz de lobo	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Euphorbiaceae	*Acalypha mollis*	Moco de guajolote	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Euphorbia heterophylla*	Lechero	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Euphorbia hirta*	Golondrina	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Ricinus communis*	Higuerilla	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabaceae	*Acaciella angustissima*	Guajillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Calliandra houstoniana*	Barba de viejo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cologania broussonetii*	Tzintziki	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Desmodium aparines*	Pegajosa	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Desmodium uncinatum*	Hoja de plata	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Erythrina breviflora*	Flor de colorín	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Lupinus aschenbornii*	Garbancillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Macroptilium gibbosifolium*	Jícama de monte	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Mimosa galeottii*	Espinorrero	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Phaseolus coccineus*	Ayocote	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Trifolium repens*	Trébol blanco	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Vachellia farnesiana*	Huizache	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Vachellia pennatula*	Albarrobo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Zornia thymifolia*	Hierba de la víbora	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fagaceae	*Quercus calophylla*	Encino ancho	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Quercus crassipes*	Encino tesmolillo	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Quercus laurina*	Encino laurelillo	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Quercus magnoliifolia*	Encino amarillo	Arbóreo	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Quercus rugosa*	Encino quiebra hacha	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Garryaceae	*Garrya laurifolia*	Cuachichic	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniaceae	*Geranium deltoideum*	Pata de león	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Geranium seemannii*	Agujona	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Hydrophyllaceae	*Phacelia platycarpa*	Tlatomaxihuitl	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Hypoxidaceae	*Hypoxis mexicana*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Iridaceae	*Orthrosanthus exsertus*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Sisyrinchium tenuifolium*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiaceae	*Salvia elegans*	Hierba del burro	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Salvia gesneriiflora*	Mirto colorado	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Salvia helianthemifolia*	Salvia	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Salvia iodantha*	Campana terciopelo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Stachys eriantha*	Betónica de montaña	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Stachys rotundifolia*	Betónica	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Prunella vulgaris*	Bretónica	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lentibulariaceae	*Pinguicula moranensis*	Violeta de barranca	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Liliaceae	*Calochortus spatulatus*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lythraceae	*Cuphea aequipetala*	Hierba del cáncer	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cuphea wrightii*	Hierba de la calavera	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malvaceae	*Anoda cristata*	Alache	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Sida abutilifolia*	Arrastradilla	Herbácea	Nativa	-
Marchantiophyta	Marchantiopsida	Marchantiaceae	*Marchantia polymorpha*	Hepática de las fuentes	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Melastomataceae	*Monochaetum calcaratum*	---	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Musaceae	*Ensete ventricosum*	Falso plátano	Arbóreo	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtaceae	*Psidium guajava*	Guayaba	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Onagraceae	*Fuchsia encliandra*	---	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Fuchsia microphylla*	Coralillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Fuchsia obconica*	---	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Lopezia racemosa*	Alfilerillo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Oenothera deserticola*	Onagra de monte	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Oenothera rosea*	Hierba del golpe	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Orchidaceae	*Bletia gracilis*	Orquídea	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Bletia purpurata*	Vara de San Miguel	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Encyclia microbulbon*	---	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Stanhopea hernandezii*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Trichocentrum cavendishianum*	Orquídea enana amarilla	Epífita	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Orobanchaceae	*Castilleja nervata*	Flor de tiempo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Castilleja tenuiflora*	Garañona	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Oxalidaceae	*Oxalis alpina*	Acedera de montaña	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Oxalis tetraphylla*	Trébol de la suerte	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Papaveraceae	*Bocconia frutescens*	Guacamaya	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Phytolaccaceae	*Phytolacca icosandra*	Mazorquilla	Herbácea	Nativa	-
Pinophyta	Pinopsida	Pinaceae	*Abies religiosa*	Oyamel	Arbóreo	Nativa	-
Pinophyta	Pinopsida		*Pinus montezumae*	Pino chamaite	Arbóreo	Nativa	-
Pinophyta	Pinopsida		*Pinus oocarpa*	Pino ocote	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Piperaceae	*Peperomia bracteata*	Pimienta de tierra	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Peperomia galioides*	Congona	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Peperomia hispidula*	---	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Plantaginaceae	*Penstemon roseus*	Campanita rosa	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Plantago australis*	Plantago	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida	Poaceae	*Cortaderia selloana*	Pasto pampa	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Trisetum virletii*	Pasto	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Liliopsida		*Trachypogon spicatus*	Barba larga	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Melinis repens*	Pasto africano rosado	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Liliopsida		*Muhlenbergia macroura*	Zacatón	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygalaceae	*Monnina ciliolata*	Tintorea	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygonaceae	*Persicaria capitata*	Nudosilla africana	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Persicaria nepalensis*	Sangrina del Himalaya	Herbácea	Introducida	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Rumex obtusifolius*	Lengua de vaca	Herbácea	Introducida	-
Pteridophyta	Pteridopsida	Polypodiaceae	*Pleopeltis polylepis*	Lengua de ciervo	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida		*Polypodium guttatum*	Helecho milpiés punteado	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida	Pteridaceae	*Adiantum andicola*	Cuamaquiztle	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida		*Adiantum patens*	---	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida		*Adiantum poiretii*	Helecho culantrillo	Herbácea	Nativa	-
Pteridophyta	Pteridopsida		*Gaga kaulfussii*	Helecho de roca	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rhamnaceae	*Ceanothus caeruleus*	Chaquira	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Rhamnus serrata*	Capulincillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosaceae	*Acaena elongata*	Pegarropa	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Crataegus mexicana*	Tejocote	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Fragaria vesca*	Fresa	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Prunus capuli*	Capulín	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Rubus liebmannii*	Zarzamora	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rubiaceae	*Bouvardia ternifolia*	Trompetilla colorada	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Crusea longiflora*	Hierba del soldado	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Spermacoce verticillata*	Culantrillo	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Salicaceae	*Salix bonplandiana*	Ahuejote	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Salix paradoxa*	Borreguito	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Saxifragaceae	*Heuchera orizabensis*	---	Herbácea	Nativa	-

SUBDIVISIÓN	CLASE	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	FORMA DE VIDA	ORIGEN	NOM-059
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Scrophulariaceae	*Buddleja cordata*	Tepozán blanco	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Buddleja parviflora*	Sayolisco	Arbóreo	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanaceae	*Cestrum anagyris*	Huele de noche	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cestrum nocturnum*	Dama de noche	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Cestrum thyrsoideum*	Zapotillo	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Solanum aligerum*	---	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida		*Solanum appendiculatum*	Tomate silvestre	Herbácea	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Symplocaceae	*Symplocos citrea*	Chico	Arbustiva	Nativa	-
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Urticaceae	*Phenax hirtus*	Ortiguilla	Arbustiva	Nativa	-

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Catálogo Fotográfico de Fauna









ANFIBIOS



Ajbystoma rivulare
Ajolote arroyero de Toluca
Amenazada (A)



Pseudoeurycea leprosa
Tlaconete dorado
Amenazada (A)



Craugastor pygmaeus
Rana ladradora pigmea



Dryophytes eximius
Rana de árbol de montaña



Lithobates montezumae
Rana leopardo de Moctezuma
Sujeta a protección especial (Pr)

REPTILES



Sceloporus aeneus
Lagartija espinosa llanera



Sceloporus bicanthalis
Lagartija espinosa transvolcánica



Sceloporus grammicus
Lagartija espinosa de mezquite
Sujeta a protección especial (Pr)



Sceloporus torquatus
Lagartija espinosa de collar



Conopsis biserialis
Culebra terrestre dos líneas
Amenazada (A)



Storeria storerioides
Culebra parda mexicana

REPTILES



Tantilla deppei
Culebrita de collar de Deppe
Amenazada (A)



Thamnophis scalaris
Culebra listonada de montaña cola larga
Amenazada (A)



Thamnophis scaliger
Culebra listonada de montaña cola corta
Amenazada (A)



Crotalus triseriatus
Cascabel transvolcánica

AVES



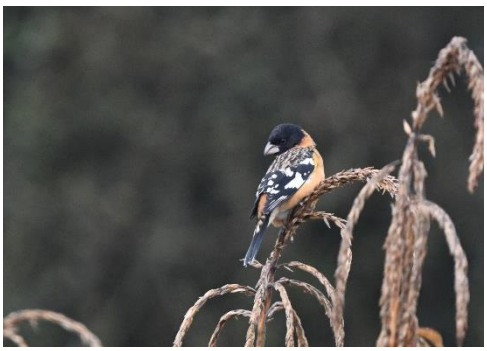
Astur cooperii
Gavilán de Cooper
Sujeta a protección especial (Pr)



Buteo jamaicensis
Aguililla cola roja



Psaltriparus minimus
Sastrecillo



Pheucticus melanocephalus
Picogorodo tigrillo



Cathartes aura
Zopilote aura



Certhia americana
Trepadorcito americano

AVES



Streptopelia decaocto
Paloma de collar turca



Corvus corax
Cuervo común



Cyanocitta stelleri
Chara copetona



Falco sparverius
Cernícalo americano



Haemorhous mexicanus
Pinzón mexicano



Loxia curvirostra
Picoturto rojo

AVES



Spinus notatus
Jilguerito encapuchado



Spinus psaltria
Jilguerito dominico



Lepidocolaptes leucogaster
Trepatroncos mexicano



Toxostoma curvirostre
Cuicacoche pico curvo



Basileuterus belli
Chipe cejas doradas



Basileuterus rufifrons
Chipe gorra canela común

AVES



Cardellina pusilla
Chipe corona negra



Cardellina rubra
Chipe rojo



Geothlypis tolmiei
Chipe lores negros
Amenazada (A)



Leiothlypis celata
Chipe oliváceo



Myioborus miniatus
Pavito alas negras



Oreothlypis superciliosa
Chipe cejas blancas

AVES



Setophaga coronata
Chipe rabadilla amarilla



Setophaga graciae
Chipe cejas amarillas



Setopohaga nigrescens
Chipe negrogris



Setophaga occidentalis
Chipe cabeza amarilla



Setophaga townsendi
Chipe de Townsend



Arremon virenticeps
Rascador cejas verdes



Atlapetes pileatus
Rascador gorra canela



Junco phaeonotus
Junco ojos de lumbre



Melospiza lincolnii
Gorrión de Lincoln



Melospiza melodía
Gorrión cantor



Melozone fusca
Rascador viejita



Oriturus superciliosus
Zacatonero serrano

AVES



Pipilo maculatus
Rascador moteado



Passer domesticus
Gorrión doméstico



Peucedramos taeniatus
Ocotero enmascarado



Leuconotopicus villosus
Carpintero albinegro mayor



Melanpes formicivorus
Carpintero bellotero



Ptiliogonys cinereus
Capulinero gris

AVES



Corthylio caléndula
Reyezuelo matraquita



Pahyramphus aglaiae
Cabezón degollado



Basilinna leucotis
Colibrí orejas blancas



Eugenes fulgens
Colibrí magnifico



Lampornis clemenciae
Colibrí garganta azul



Campylorhynchus megalopterus
Matraca barrada

AVES



Troglodytes aedon
Saltapared común



Myadestes occidentalis
Clarín jilguero
Sujeta a protección especial (Pr)



Sialia mexicana
Azulejo garganta azul



Sialia sialis
Azulejo garganta canela



Turdus assimilis
Mirlo garganta blanca



Turdus migratorius
Mirlo primvera



Contopus pertinax
Papamoscas José maría



Contopus sordidulus
Papamocas del oeste



Empidonax fulvifrons
Papamoscas pecho canela



Empidonax hammondii
Papamoscas de Hammond



Mitrephanes phaeocercus
Papamoscas copetón



Pyrocephalus rubinus
Papamoscas cardenalito

AVES/MAMÍFEROS



Vireo plumbeus
Vireo plomizo



Dasypus novemcinstus
Armadillo



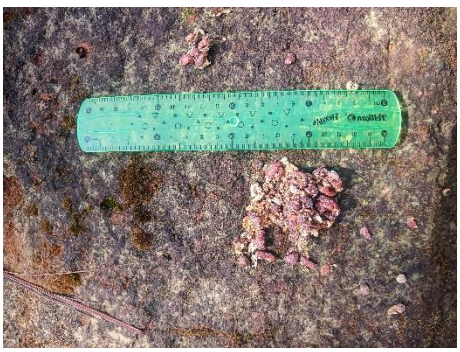
Didelphis virginiana
Tlacuache



Lynx rufus
Gato montés



Canis latrans
coyote

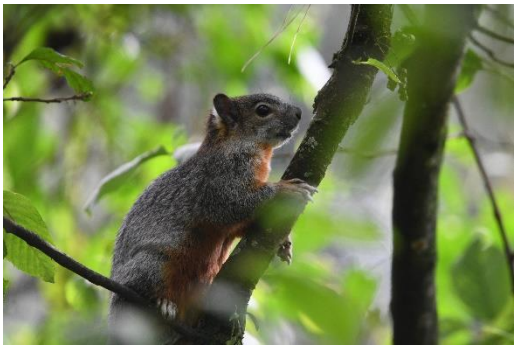


Urocyon cinereoargenteus
Zorra gris

MAMÍFEROS



Procyon lotor
Mapache



Sciurus aureogaster
Ardilla vientre rojo



Otospermophilus variegatus
Ardillón de roca



Sylvilagus cunicularius
Conejo de monte

ANEXO VIII.6 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS EXISTENTES

IMPACTOS EXISTENTES																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
AGUA																	
Calidad del agua	Contaminación de cauces	-	1	1	4	4	1	1	4	1	1	1	22	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
Dinámica de Cauces	Modificación de cauces		1	1	4	4	4	1	1	1	4	1	25	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
SUELO																	
Relieve y topografía	Alteración al relieve y topografía	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
	Eventos erosivos	-	2	1	4	1	2	1	1	1	1	2	21	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Calidad del suelo	Presencia de residuos sólidos urbanos	-	2	2	4	4	1	1	4	1	1	1	27	MODERADO	SI	SI	NO
Erosión	Degradación de suelos	-	4	4	4	4	2	1	4	4	4	4	47	MODERADO	SI	SI	NO
AIRE																	
Calidad del aire	Presencia de gases contaminantes	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	16	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Emisiones sonoras	Alteraciones sonoras	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	16	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
VEGETACIÓN																	
Vegetación nativa	Cambio de uso de suelo	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
	Tala de arbolado	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
	Afectaciones por plagas	-	2	4	4	4	1	1	4	1	4	4	37	MODERADO	NO	SI	NO
	Incendios forestales	-	2	4	4	1	2	2	1	1	1	2	28	MODERADO	NO	NO	SI
FAUNA																	
Fauna	Perdida de hábitat	-	4	4	4	4	4	1	4	4	4	8	53	SEVERO	SI	SI	NO
	Desplazamiento de fauna	-	2	4	4	4	4	1	1	4	1	8	41	MODERADO	SI	NO	NO
PAISAJE																	

IMPACTOS EXISTENTES																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA		RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
Calidad Paisajística	Deterioro de elementos paisajísticos	-	2	4	4	4	4	1	1	4	4	8	44	MODERADO		SI	NO	NO

ANEXO VIII.7 MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS DEL PROYECTO

VALORACIÓN ETAPA CONSTRUCTIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
AGUA																	
Calidad del Agua	Contaminación de cauces con basura	-	1	1	4	2	1	1	1	1	1	1	17	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Contaminación de cauces con materiales y residuos de obra	-	1	1	4	4	1	1	1	1	4	1	22	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
	Contaminación de cauces con residuos peligrosos	-	2	1	4	4	2	2	1	1	4	4	30	MODERADO	SI	NO	SI
Dinámica de Causes	Modificación de cauces	-	1	1	4	4	1	1	4	4	1	1	25	IRRELEVANTE	SI	SI	NO
	Azolve de cauces por residuos de obra	-	4	1	4	4	1	4	1	1	4	4	37	MODERADO	SI	NO	SI
SUELO																	
Erosión	Exposición del suelo al intemperismo	-	1	2	4	4	2	1	1	4	1	1	25	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Relieve y Topografía	Modificación al relieve y topografía	-	1	4	4	4	4	1	4	4	4	8	44	MODERADO	SI	SI	NO
Calidad del suelo	Contaminación de suelos con basura	-	1	1	4	2	1	1	4	1	1	1	20	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Contaminación de suelos con materiales y residuos de obra	-	1	1	4	4	1	1	1	1	1	1	19	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
	Contaminación de suelos con residuos peligrosos	-	2	1	4	4	1	1	1	1	1	4	25	IRRELEVANTE	SI	NO	NO
ATMOSFERA																	
Calidad del Aire	Presencia de gases contaminantes	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Generación de polvos	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
Confort Sonoro	Aumento emisiones sonoras	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	19	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
VEGETACIÓN																	
	Disminución en la cobertura vegetal	-	8	4	4	4	4	1	4	4	4	4	61	SEVERO	SI	SI	NO

VALORACIÓN ETAPA CONSTRUCTIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
Bosque de Pino	Disminución en la biodiversidad	-	2	4	4	4	4	1	4	4	1	4	40	MODERADO	SI	SI	NO
	Perdida de hábitat	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
Especies en Norma	Retiro de individuos	-	4	4	4	4	4	2	1	4	4	4	47	MODERADO	SI	NO	SI
Bosque de Pino-Encino	Disminución en la cobertura vegetal	-	8	4	4	4	4	1	4	4	4	4	61	SEVERO	SI	SI	NO
	Disminución en la biodiversidad	-	2	4	4	4	4	1	4	4	1	4	40	MODERADO	SI	SI	NO
	Perdida de hábitat	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
FAUNA																	
Reptiles	Muerte de individuos	-	4	1	4	1	1	1	1	1	1	4	28	MODERADO	NO	NO	NO
	Afectación a especies en norma	-	4	1	4	1	1	2	1	1	1	4	29	MODERADO	NO	NO	SI
	Caza de individuos	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	19	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Fragmentación del hábitat	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
Anfibios	Afectaciones a especies en norma	-	1	1	4	1	2	4	1	1	1	8	27	MODERADO	NO	NO	SI
Mamíferos	Muerte de individuos	-	2	1	4	1	1	1	1	1	1	4	22	IRRELEVANTE	NO	NO	NO
	Fragmentación del hábitat	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
Lepidópteros	Disminución de sitios de percha	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
	Fragmentación del hábitat	-	2	4	4	4	4	1	4	4	4	8	47	MODERADO	SI	SI	NO
	Muerte de individuos por obras	-	4	1	4	1	1	4	1	1	1	4	31	MODERADO	NO	NO	SI
	Afectación a especies en norma	-	4	1	4	1	1	4	1	1	1	4	31	MODERADO	NO	NO	SI
Aves	Reducción de sitios de percha	-	4	4	4	4	4	1	4	4	4	2	47	MODERADO	NO	SI	NO
	Ahuyento por ruido	-	1	1	4	1	1	1	1	4	1	8	26	MODERADO	NO	NO	NO
PAISAJE																	

VALORACIÓN ETAPA CONSTRUCTIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA		RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
Calidad Paisajística	Afectación a componentes estéticos	-	1	2	4	4	4	1	4	4	1	4	33	MODERADO		SI	SI	NO
MEDIO ECONÓMICO																		
Empleo	Consumo de productos locales de las comunidades cercanas	+	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	16	IRRELEVANTE		NO	NO	NO
MEDIO SOCIAL																		
Accidentes	Ocurrencia de accidentes	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	19	IRRELEVANTE		NO	NO	NO
Infraestructura Urbana	Afectaciones al tránsito por obras	-	1	1	4	1	4	1	1	4	1	1	22	IRRELEVANTE		NO	NO	NO

VALORACIÓN ETAPA OPERATIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA		RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
AGUA																		
Calidad del Agua	Aumento en la presencia de basura en cauces	-	1	1	4	4	1	1	4	1	4	1	25	IRRELEVANTE		NO	SI	NO
	Mejora del flujo hídrico actual	+	2	1	4	4	2	1	1	4	4	8	36	MODERADO		SI	NO	NO
SUELO																		
Calidad del Suelo	Aumento de presencia de basura en suelos	-	2	1	2	4	1	1	4	1	4	1	26	MODERADO		NO	SI	NO
VEGETACIÓN																		
Bosque de Pino	Introducción de especies exóticas	-	1	2	2	4	1	1	4	1	4	1	25	IRRELEVANTE		NO	SI	NO

VALORACIÓN ETAPA OPERATIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA	RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
	Incendios forestales	-	2	4	4	1	2	2	1	1	1	8	34	MODERADO	NO	NO	SI
Bosque de Pino-Encino	Introducción de especies exóticas	-	1	2	2	4	1	1	4	1	4	1	25	IRRELEVANTE	NO	SI	NO
	Incendios forestales	-	2	4	4	1	2	2	1	1	1	8	34	MODERADO	NO	NO	SI
FAUNA																	
Reptiles	Ampliación del efecto barrera	-	2	2	4	4	4	1	4	4	4	8	43	MODERADO	SI	SI	NO
	Atropellos	-	2	2	4	4	1	1	1	1	1	4	27	MODERADO	NO	NO	NO
Anfibios	Contaminación del hábitat con residuos sólidos urbanos	-	1	1	4	4	1	2	1	1	4	4	26	MODERADO	NO	NO	SI
Mamíferos	Ampliación del efecto barrera	-	2	2	4	4	4	1	4	4	4	8	43	MODERADO	SI	SI	NO
	Atropellos	-	2	2	4	4	1	1	1	1	1	4	27	MODERADO	NO	NO	NO
Lepidópteros	Atropellos	-	2	1	4	4	4	2	1	1	2	8	34	MODERADO	NO	NO	SI
PAISAJE																	
Calidad Paisajística	Aumento de presencia de basura	-	1	1	4	4	1	1	4	1	1	1	22	IRRELEVANTE	SI	SI	NO
MEDIO ECONÓMICO																	
Reducción de gastos	Reducción en tiempos de recorrido	+	2	2	4	4	4	1	1	4	4	8	40	MODERADO	SI	NO	NO
MEDIO SOCIAL																	
Turismo	Mejora de accesibilidad al turismo	+	4	4	4	4	4	1	1	4	4	8	50	SEVERO	SI	NO	NO
Salud	Reducción de tiempos de traslado a centros de salud	+	4	4	4	4	4	1	1	4	4	8	50	SEVERO	SI	NO	NO
	Mejor interconexión regional	+	2	4	4	4	4	1	1	4	4	8	44	MODERADO	SI	NO	NO

VALORACIÓN ETAPA OPERATIVA																	
FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	CATEGORÍA		RESIDUAL	ACUMULATIVO	SINÉRGICO
Infraestructura Urbana	Mejor flujo vehicular	+	4	2	4	4	4	1	1	4	4	8	46	MODERADO		SI	NO	NO
Calidad de Vida	Aumento de la seguridad de la carretera	+	4	4	4	4	4	1	1	4	4	8	50	SEVERO		SI	NO	NO
	Mejor infraestructura para el trasporte y comercio	+	2	4	4	4	4	1	1	4	4	8	44	MODERADO		SI	NO	NO